Umweltforschungsplan
des Bundesministers für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Forschungsbericht 204 01 120

Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten

Band 2: Gewerbe, Handel und Dienstleistung

von

Ulla Böde, Edelgard Gruber

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung

Peter Deutscher, Martin Elsberger, Lothar Rouvel

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik
der Technischen Universität München

unter Mitarbeit von

Anselm Brakhage, Karlsruhe
Michael Jäkel, Abacus, Trier
Gisela Renner, Innovative Energieberatung, Köln

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

August 2000

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Zusammenfassung

Ausgangslage und Zielsetzung

Ziel des Vorhabens war es, im Sektor private Haushalte und Kleinverbrauch Bereiche zu identifizieren, in denen Verhaltensänderungen zur Energieeinsparung und damit zur Reduktion von Klimagasemissionen führen können. Diese Potenziale sollten quantifiziert werden. Darauf aufbauend waren mögliche Instrumente zur Erschließung der Potenziale aufzuzeigen und zu bewerten.

Das Vorhaben war umsetzungsbezogen angelegt. Die Ergebnisse sollten dazu genutzt werden, geeignete Multiplikatoren zu informieren und zu motivieren, um in Zusammenarbeit mit den betreffenden Verbänden, Einrichtungen und Initiativen einen Handlungskatalog zu entwickeln.

Methodisches Vorgehen

Zunächst wurde in der Literatur und mittels Expertengesprächen Verhaltensmaßnahmen und ihre Einzelpotenziale für Energieeinsparung recherchiert. Außerdem wurden Rahmenbedingungen, z. B. Entwicklungstrends in der Technik und im Ausstattungsgrad, identifiziert, die Einfluss auf die Potenziale verhaltensbezogener Maßnahmen haben. Als Verhaltensmaßnahmen werden die Aktivitäten auf Seiten des Endverbrauchers, z. B. Heizen, Lüften, Gerätenutzung, verstanden; außerdem wurden in die Untersuchung Kleininvestitionen einbezogen, z. B. Energiesparlampen und Vorschaltgeräte. Energiemanagement wird nicht als Verhaltensmaßnahme behandelt, da es nicht direkt zu Energieeinsparungen führt.

Mit Hilfe der IKARUS-Datenbank (Projekt „Instrumente für Klimagasreduktionsstrategien“) und den Datengrundlagen des UBA-Projekts „Politikszenarien“ wurden verhaltensbezogene Energieeinsparungen in den Bereichen Raumwärme, Warmwasser und Stromverbrauch quantifiziert. Diese Berechnungen erfolgten für 1995, 2005 und 2020.

Im Hinblick auf Umsetzungsaktivitäten wurden Erfahrungen mit Programmen und Instrumenten recherchiert und analysiert, die substanziell oder zumindest teilweise auf Verhaltensmaßnahmen abzielen. Hierbei konzentrierte sich die Untersuchung insbesondere auf innovative Überlegungen und Beiträge. Ergebnisse der Untersuchung, Handlungsbedarf und konkrete Handlungsempfehlungen wurden in einem Workshop mit wichtigen Verbänden, Institutionen und Experten besprochen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in zwei Bänden. Der vorliegende Band II „Gewerbe, Handel und Dienstleistung“ befasst sich mit dem Kleinverbrauchssektor.

Band I enthält die Ergebnisse des Bereichs „Haushalte“, bei dessen Bearbeitung das Öko-Institut federführend war.

Einzelpotenziale in Querschnittsbereichen und ausgewählten Branchen

Für verhaltensbezogene Energieeinsparungen wurden fünf Querschnittsbereiche identifiziert, die für alle Branchen relevant sind: Heizung, Kühlung und Klimatisierung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Elektrogerätenutzung. Darüber hinaus werden branchenspezifische Energieverbrauchssegmente betrachtet. Die Einzelpotenziale wurden aus der Literatur entnommen; ergänzend wurden Experten befragt und eigene Messungen durchgeführt. Die einzelnen Maßnahmen wurden im Handbuch-Charakter detailliert beschrieben, auch im Hinblick auf die zu erwartende technische Entwicklung sowie Praktikabilität und Aufwand für die Durchführung der Maßnahmen, wobei zwischen Endnutzern, z. B. Mitarbeitern, und „Organisatoren“, z. B. Hausmeistern, Betriebsleitern oder EDV-Verantwortlichen, unterschieden wurde.

Empfehlenswerte und bei weitem nicht durchweg angewandte Maßnahmen ohne jegliche Investitionskosten sind z. B. richtige Wahl der Vorlauf- und der Raumtemperatur mit zeitweiser Absenkung, regelmäßige Wartung von Anlagen und Geräten, richtiges Lüften, zeitweises Abschalten von Heizungspumpen, bedarfsgerechter Betrieb der Lüftungs- und Klimaanlagen, Begrenzung der Warmwassertemperatur, bedarfsorientiertes Einschalten der Beleuchtung, Reinigen von Reflektoren und Lampen, Vermeidung des Leerlaufbetriebs von Elektrogeräten, gezieltes Abschalten einiger Geräte und die Nutzung von Powermanagement-Systemen.

Als wesentliche Kleininvestitionen wurden Rohrleitungsdämmung, Zeitschaltuhren, Thermo-Stopp-Geräte und Durchflussbegrenzer bei der Warmwasserbereitung, Energiesparlampen, Helligkeitsregelungen und Energiespargeräte für Monitore, Drucker, Kopierer etc. identifiziert.

Im Lebensmittelhandel liegt das größte Einzelpotenzial in einem energiesparenden Umgang mit den Kühlmöbeln. Kühlen ist auch ein Verbrauchsschwerpunkt in Hotels- und Gaststätten; hinzu kommen hier Einsparmöglichkeiten beim Kochen, Backen, Spülen sowie im Gastraum, in den Gästezimmern und gegebenenfalls in der hoteleigenen Wäscherei. In Branchen mit Bürocharakter konnten außer bei den Querschnittsbereichen keine weiteren Energiesparpotenziale gefunden werden.

Ein besonderes Augenmerk für energiesparende Aktivitäten liegt seit einigen Jahren auf Schulen. Hierzu gibt es zahlreiche Untersuchungen und Umsetzungsaktionen. Deshalb wurden die Schulen auch für die vorliegende Studie detailliert betrachtet. Maßnahmen in Schulen sind auch deshalb wichtig, weil die künftigen Generationen dort den sparsamen und nachhaltigen Umgang mit Energie lernen können. Für

Schulen sind ebenfalls die Querschnittsbereiche von Bedeutung, außerdem spezielle Maßnahmen in Sporthallen.

Abschätzung der Verhaltenswirkungen im Kleinverbrauch

Mit der IKARUS-Datenbank konnten die identifizierten Verhaltensmaßnahmen und Kleininvestitionen nicht in allen Einzelheiten abgebildet werden. Im Bereich Heizen und Lüften beschränkten sich die Berechnungsmöglichkeiten auf den Beheizungsumfang, die Raumtemperatur und den Luftwechsel, womit aber die wesentlichen Einflussparameter abgedeckt sind. Verwendet wurden vorliegende Kennwerte zu den Gebäuden, der Heizungstechnik und den Verteilungssystemen in vier Typgebäuden der näher untersuchten Branchen: Lebensmittelfiliale, Hotel mit Gaststätte, Verwaltungsgebäude und Schule.

Für die Ermittlung des Raumwärmebedarfs wurde ein Standardfall vorgegeben, z. B. mit einer Raumtemperatur von 21 °C und einem Luftwechsel von 0,7 h^{-1} im Verwaltungsgebäude. Durch Kombination verschiedener Verhaltensmuster beim Heizen und Lüften innerhalb eines realistischen Bereichs vom „verschwenderischen“ bis zum „zumutbaren“ Verhalten ergaben sich 18 Varianten. Der Unterschied zwischen „bester“ und „schlechtester“ Variante liegt beim 2,5- bis 3-fachen spezifischen Heizwärmeverbrauch pro m^2.

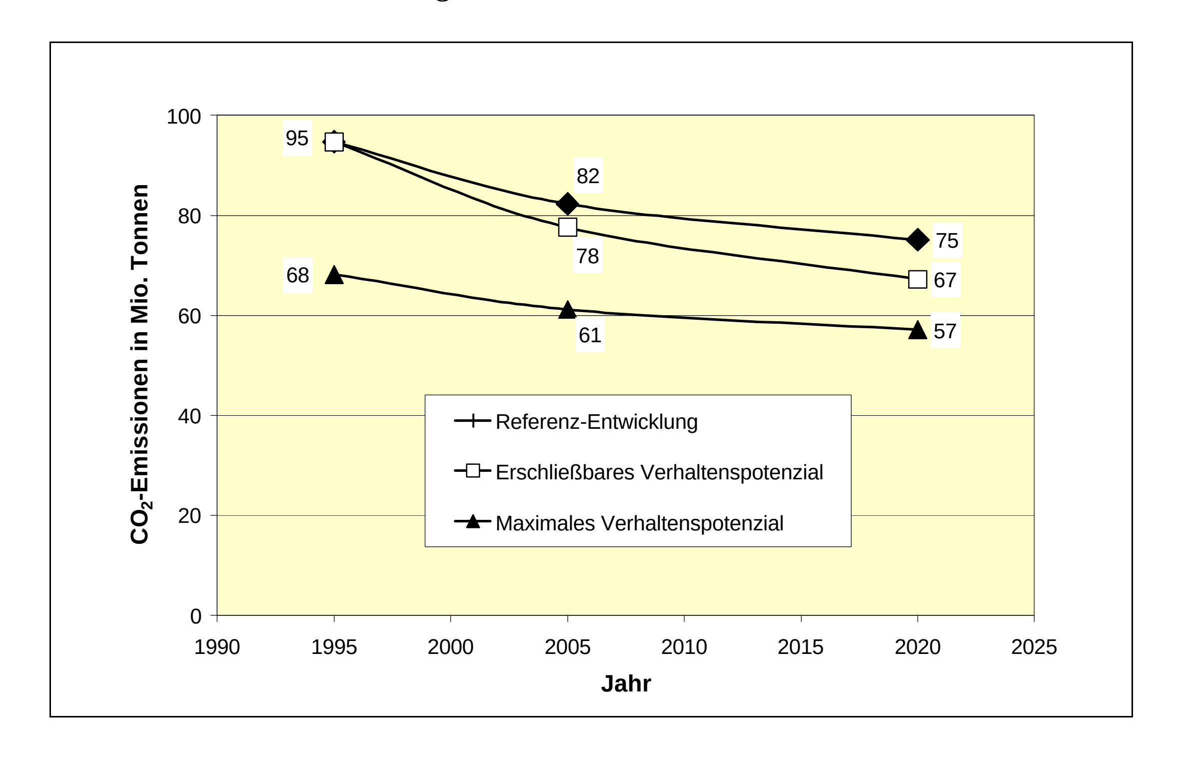
Berechnet man die Verhalteneinflüsse mit einer durchschnittlichen Verminderung des Luftwechsels um ein Drittel und mit einer Raumtemperatursenkung von 2 K, so ergibt sich bei Altbauten ein Rückgang des spezifischen Heizwärmeverbrauchs um 30 % und in Neubauten nach verschärfter Energiesparverordnung um 25 %; dies wären 64 TWh für das Referenzjahr 1995; bis 2020 geht das Potenzial wegen des steigenden Neubauanteils auf 51 TWh zurück.

Bei der Berechnung des Stromsparpotenzials wurde der gesamte Geräte- und Anlagenbestand des Kleinverbrauchssektor einbezogen. Die Berechnungen auf Basis der Daten zur Gerätezahl, zur Leistung und zum Benutzungsumfang aus der IKARUS-Datenbank sowie Abschätzungen zur bisherigen Realisierung der Maßnahmen ergaben, dass auch der Stromverbrauch durch Verhaltensänderungen erheblich reduziert werden kann. Mit 10,4 TWh ist das Potenzial bei der Beleuchtung mit Abstand am höchsten gegenüber rund 1,8 TWh bei Bürogeräten und 1,9 TWh bei Klima- und Lüftungsanlagen. Es liegt deutlich über der möglichen Energieeinsparung durch forcierte Ausschöpfung des technischen Fortschritts bis 2020. Der Strombedarf für Beleuchtung macht den größten Anteil am gesamten Stromverbrauch des Kleinverbrauchs aus und bietet absolut gesehen auch die größten Einsparpotenziale. Das größte verhaltensbedingte Einsparpotenzial bei Bürogeräten liegt in der Minimierung der Leerlaufverluste. Auch branchenspezifische Betrachtungen ergaben große Potenziale, die zum Teil mit zunehmender elektrotechnischer Ausstattung bis 2020 vermutlich noch wachsen.

Im Warmwasserbereich lässt sich ein Einsparpotenzial von rund 47 %, bezogen auf das Bedarfsniveau von 1995, d. h. rund 10 TWh ermitteln. Entsprechend dem sinkenden Warmwasserbedarf reduziert sich dieses Potenzial um gut 10 % bis 2020.

Als Gesamtergebnis wird die Summe der CO_2-Emissionen für Raumwärme, Strom und Warmwasser im Kleinverbrauch betrachtet. Die autonome Entwicklung der CO_2-Emissionen im Kleinverbrauch, d. h. ohne Forcierung von technischen Entwicklungen oder von Einsparmaßnahmen, wird dabei als Referenzszenario herangezogen. Die maximal reduzierbare Emissionsmenge, allein erzielt durch Verhaltensänderungen, würde für das Basisjahr 1995 demnach 27 Mio. Tonnen CO_2 betragen. Dieses maximale Verhaltenspotenzial reduziert sich aufgrund des insgesamt prognostizierten Rückgangs von CO_2-Emissionen und der fortschreitenden autonomen Technikentwicklung bis 2020 auf 18 Mio. Tonnen. Abbildung 1 zeigt die Potenziale im Kleinverbrauch im Vergleich mit den CO_2-Emissionen dieses Sektors, Abbildung 2 im Vergleich mit den Gesamtemissionen an CO_2 in Deutschland.

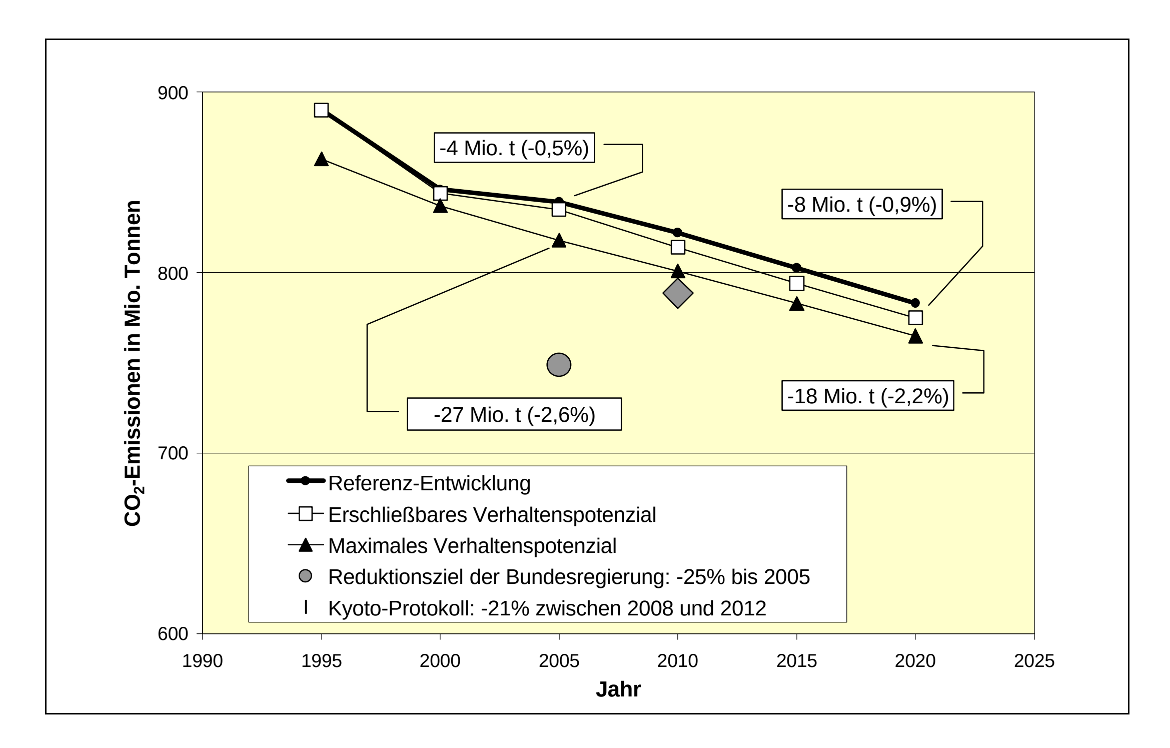
Abbildung 1: CO_2-Minderungspotenzial durch Verhaltensmaßnahmen im Kleinverbrauch bezogen auf den Sektor



Das tatsächlich erschließbare Potenzial liegt deutlich niedriger und ist abhängig vom Erfolg von Programmen, die zu klimagerechtem Verhalten aufrufen und motivieren. Für den Bereich Raumwärme wird angenommen, dass das noch nicht umgesetzte Potenzial zu 1 % pro Jahr erschlossen wird. Für die Bereiche Strom und Warmwasser wird eine schnellere Erschließung unterstellt, nämlich 4 % pro Jahr bis

2005 und anschließend 2 % pro Jahr bis 2020. Begründet ist die Annahme der schnelleren Erschließung damit, dass bereits bei der Potenzialabschätzung einzelner Maßnahmen die zu erwartenden Hemmnisse bei der Umsetzung berücksichtigt wurden. Der Rückgang des Erschließungsfaktors bis 2020 auf 2 % basiert dagegen auf der Annahme, dass zu Beginn hauptsächlich die vielen leicht realisierbaren Verhaltensmaßnahmen umgesetzt werden und mit der Zeit das Restpotenzial nur noch durch komplizierte oder teilweise den Komfort einschränkende Maßnahmen erschlossen werden kann. Damit ergibt sich, dass sich bis 2005 durch Verhaltensmaßnahmen ein CO_2-Reduktionspotenzial von 4 Tonnen und bis 2020 von 8 Tonnen realistisch erschließen lässt.

Abbildung 2: Möglicher Beitrag von verhaltensbedingten Energiesparmaßnahmen im Kleinverbrauch zum Klimaschutzziel der Bundesregierung



Genau genommen sind die Potenziale im Kleinverbrauch noch größer, da sektorspezifische Verhaltensmaßnahmen hinzugerechnet werden können. Für den Bereich „Supermärkte“ z. B. beträgt das zusätzliche Reduktionspotenzial zwischen 0,9 Mio. (1995) und 0,7 Mio. Tonnen CO_2 (2020), für den Bereich „Hotels und Gaststätten“ zwischen 1,1 (1995) und 1,2 Mio. Tonnen CO_2 (2020). Dabei wurden in diesem Sektor wegen der großen Bedeutung für den Energieverbrauch auch Maßnahmen im Prozesswärmebereich berücksichtigt, die bei den übrigen Branchen wegen der großen Heterogenität nicht behandelt wurden.

Programme und Instrumente

Wesentlich für die Förderung energiesparenden Verhaltens sind vor allem Programme und Instrumente im Bereich der Information, Motivation, Beratung und Weiterbildung. Über entsprechende Erfahrungen wurde auf nationaler und internationaler Ebene recherchiert.

An schriftlichen Informationen unterschiedlichster Art vom Faltblatt bis zum Handbuch besteht kein Mangel, wobei einzelne Branchen des Kleinverbrauchs bisher nicht abgedeckt sind. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt meist im investiven Bereich, Maßnahmen zur Verhaltensänderung werden eher am Rande behandelt. Hinweise zu energiesparendem Verhalten sollten künftig in Broschüren stärker berücksichtigt werden; dies reicht aber für die Motivierung zu energiesparendem Verhalten nicht aus. Deshalb sollten entsprechende Empfehlungen auch im Rahmen von Energieberatungen angesprochen und bei Weiterbildungsveranstaltungen behandelt werden. Gesonderte Broschüren oder Seminare nur zum Verhalten werden im Kleinverbrauchssektor wegen zu geringer Aufmerksamkeit für diesen Bereich nicht empfohlen. Auch finanzielle Anreize für Kleininvestitionen werden nicht für erforderlich gehalten, da die in Frage kommenden Maßnahmen wirtschaftlich sind. Bedarf besteht an einer zentralen Koordination der Informations-, Beratungs- und Weiterbildungsaktivitäten zum Energiesparthema in Deutschland.

Gute Erfahrungen liegen in jüngerer Zeit mit verschiedenen Aktionsprogrammen vor, die zu einer Sensibilisierung der Nutzer für das Energiethema führen. Solche Aktionen in Betrieben, Verwaltungen oder Gemeinden umfassen Information, Verbrauchsmessungen und -rückmeldung, Wettbewerbe u. a. Auch bei „Energiemodellen“ – gemeinsamen Aktionen von Unternehmen einer Region oder einer Branche zur Diskussion und Festlegung von Energiesparzielen – lassen sich kurzfristig Erfolge, vor allem mit Verhaltensänderungen und Kleininvestitionen, vorweisen. Durch Erinnerungsmaßnahmen muss das Verhalten immer wieder aktiviert werden.

In den letzen Jahren sind viele Programme zum Energiesparen an Schulen entwickelt und mit großem Erfolg umgesetzt worden. Dabei wurden Unterrichtsmaterialien erarbeitet, Informationsveranstaltungen, Wettbewerbe u. a. durchgeführt, um das Energiebewusstsein der Schüler zu steigern. Ein Anreiz zur Beteiligung ist das „Fifty-fifty-Modell“, das den Schulen erlaubt, über die Verwendung der Hälfte der eingesparten Energiekosten selbst zu entscheiden.

Handlungsempfehlungen für den Kleinverbrauchssektor

Im Mittelpunkt der Aktivitäten zur Förderung der Umsetzung energiesparenden Verhaltens muss die Motivierung stehen. Viele Betriebe glauben, alle Einsparpotenziale schon ausgeschöpft zu haben. Einfache Kennzahlen, die im Betrieb ohne großen Aufwand ermittelt und mit denjenigen anderer Unternehmen der Branche

verglichen werden können, wären sehr hilfreich. Hier sind die Branchenverbände als Initiatoren und Multiplikatoren gefragt.

Eine Reihe gravierender Vorurteile gegenüber Verhaltensmaßnahmen muss beseitigt werden (Gerätehaltbarkeit, Komforteinbußen etc.). Energieeffizienz sollte nach Möglichkeit mit positiv besetzten Eigenschaften verknüpft werden, z. B. Verbesserung der Gesamteffizienz oder organisatorische Vorteile. Nicht nur Kosteneinsparungen sind als Anreiz zu sehen. Für viele Betriebe spielt das „umweltfreundliche" Image eine Rolle. Rückmeldungen über Auswirkungen des Verhaltens auf den Energieverbrauch sind eine wichtige Motivation zum Weitersparen, insbesondere auch für Mitarbeiter im Betrieb.

Die Einsparmöglichkeiten durch Verhalten, z. B. „Geräte ausschalten", müssen in geeigneter Weise bekannt gemacht werden. Ein eigener Leitfaden zum Verhalten wird nicht empfohlen. Die Information muss zielgruppenspezifisch erfolgen und in Broschüren, Weiterbildungsseminare, Handbücher, Beratungsrichtlinien etc. integriert werden. Aktionen sollten gezielt gefördert werden, so zum Beispiel „Energiewochen", „Energiemodelle" oder Wettbewerbe innerhalb und zwischen Betrieben. Es sollte geprüft werden, ob das „Fifty-fifty-Modell" von Schulen auf Verwaltungen übertragbar ist und auch die Mitarbeiter von den Energieeinsparungen profitieren könnten.

1 Ausgangslage, Zielsetzung, methodisches Vorgehen

Ziel des Vorhabens war es, im Sektor private Haushalte und Kleinverbrauch (in der offiziellen Statistik jetzt „Gewerbe, Handel und Dienstleistung“ genannt) zu untersuchen, inwieweit Verhaltensänderungen zur Reduktion von Klimagasemissionen führen können. Das Vorhaben war umsetzungsbezogen angelegt. Die Ergebnisse sollen dazu genutzt werden, geeignete Multiplikatoren zu informieren und zu motivieren, um in Zusammenarbeit mit den betreffenden Verbänden, Einrichtungen und Initiativen einen Handlungskatalog zu entwickeln.

Da sich die Maßnahmen, Programme und Instrumente zwischen Haushalt und Kleinverbrauch unterscheiden und außerdem die Verantwortung für die Bearbeitung der Sektoren bei zwei verschiedenen Forschungsinstituten lag, wurde die Darstellung der Ergebnisse in zwei Bänden aufgeteilt. Für den Band I „Haushalte“ ist das Öko-Institut und für Band II „Gewerbe, Handel und Dienstleistung“ das ISI federführend. In beiden Bereichen war der Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik der TU München beteiligt, und zwar bei den Hochrechnungen der Energiesparpotenziale für Raumwärme und Warmwasser.

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Zum Sektor Kleinverbrauch gehören die Wirtschaftsbereiche, die nicht zum verarbeitenden Gewerbe, zu den privaten Haushalten, zum Verkehr und zur Energiewirtschaft zählen. Mit einem Anteil am Bruttoinlandsprodukt von rund 70 % zählt er zu den wichtigsten und den expansivsten Wirtschaftsbereichen: Von 1995 bis 2020 wird mit einem Wachstum von 62 % gerechnet. Im Jahr 1995 umfasste der Sektor Kleinverbrauch in Deutschland mit 27 Mio. rund zwei Drittel der Erwerbstätigen. Mit 54 Mio. Tonnen SKE (144 TWh) wurden rund 16 % des gesamten Endenergieverbrauchs beansprucht (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 1998). Der Sektor ist somit an der Entstehung von Treibhausgasemissionen in erheblichem Ausmaß beteiligt. Vom Brennstoffverbrauch entfallen ca. 85 % auf die Raumheizung und 15 % auf Prozesswärme. Der Stromverbrauch teilt sich in etwa wie folgt auf: 37 % Beleuchtung, 27 % Kraft, 23 % Prozesswärme, 12 % Büro- und Kleingeräte, 11 % Prozesskälte und 2 % Raumheizung (Geiger/Gruber/Megele 1999).

Man kann grundsätzlich zwei Maßnahmenarten unterscheiden, die zur Reduktion des Energieverbrauchs führen: Investitionen und veränderte Verhaltensweisen. Investitionen sparen über ihre Lebensdauer Energie ein. Bei Verhaltensänderungen treten zwar keine oder nur geringe Investitionskosten auf, aber bei vielen Maßnahmen muss das Verhalten immer wieder aktiviert werden.

Hemmend für die Umsetzung verhaltensorientierter Maßnahmen wirkt sich vor allem das geringe Augenmerk aus, das derzeit dem Thema „Energiesparen“ auf der Nachfrageseite zugemessen wird. Außerdem ist der Kenntnisstand über die Einsparmöglichkeiten und ihre Wirkungen zu gering, und einige Maßnahmen werden bisher kaum thematisiert (Katzenstein 1994; Gruber/Brand 1990). In Arbeitsstätten besteht generell das Problem, dass die Mitarbeiter in der Regel nicht von ihren Verhaltensänderungen profitieren, z. B. von Energiekosteneinsparungen.

Obwohl Erkenntnisse vorliegen, dass das Verhalten, z. B. das Heizungs- und Lüftungsverhalten, einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch haben kann (z. B. RWE-Bau-Handbuch 1995), sind die Möglichkeiten, durch verändertes Verhalten Energie einzusparen, bisher wenig beachtet worden und nicht in Potenzialschätzungen und Modellrechnungen eingegangen. Die vielfältigen politischen Instrumente, die bisher genutzt oder vorgeschlagen wurden, sowie das Engagement anderer Akteure, z. B. in Form von Selbstorganisationen, wurden bisher nicht dahingehend betrachtet, ob sie zu verhaltensorientierten Maßnahmen motivieren. Es wurde auch noch nicht untersucht, ob spezielle Instrumente dafür erforderlich sind.

Ziel des Projekts war es deshalb, Bereiche zu identifizieren, in denen Verhaltenspotenziale zur Energieeinsparung vorliegen, diese so weit wie möglich zu quantifizieren und den Einfluss eines konsequenten Verbraucherverhaltens für die Jahre 1995, 2005 und 2020 abzuschätzen. Dabei war zu berücksichtigen, wie diese mit der Ausschöpfung von Potenzialen technischer und investiver Maßnahmen zusammenhängen. Für Energieverbrauchsszenarien und zukünftige Förderinstrumente und -aktivitäten war es wichtig, auch die Zusammenhänge zwischen investiven und verhaltensorientierten Maßnahmen festzustellen und quantitativ abzuschätzen. So hat etwa in stark wärmegedämmten Gebäuden mit absolut gesehen niedrigerem Energieverbrauch das Verhalten eine relativ größere Wirkung als in nicht oder wenig gedämmten Gebäuden.

Abschließend waren Aktivitäten und Instrumente zur Erschließung dieser Potenziale aufzuzeigen und zu bewerten. Ergebnisse der Untersuchung, Handlungsbedarf und konkrete Handlungsempfehlungen sollten in einem Workshop mit wichtigen Verbänden, Institutionen und Experten besprochen werden.

1.2 Methodisches Vorgehen

Zur Klarstellung des Untersuchungsumfangs wurde eine begriffliche Vereinbarung getroffen: Als **Verhaltensmaßnahmen** werden die Aktivitäten auf Seiten des Endverbrauchers (Heizen, Lüften, Gerätenutzung) verstanden; des weiteren wurden auch Kleininvestitionen einbezogen (z. B. Energiesparlampen, Vorschaltgeräte). Als **Programme** werden energiepolitische Fördermaßnahmen, Initiativen etc. (Be-

ratung, Weiterbildung, Aktionen, Zuschüsse, Verordnungen etc.), als **Instrumente** Einzelaktivitäten innerhalb von Programmen, z. B. Broschüren, Kampagnen, Seminare, Einrichtung von Beratungsstellen etc.) definiert.

Das betriebliche Energiemanagement ist zwar im weitesten Sinne eine Verhaltensmaßnahme, bewirkt aber selbst noch keine Energieeinsparung, sondern fördert die Durchführung konkreter Maßnahmen, und zwar sowohl verhaltensbezogener als auch investiver Art. Es beinhaltet z. B. Messungen und Analysen, um Verbrauchsschwerpunkte zu erkennen und Schwachstellen aufzudecken, sowie Energieverbrauchskontrollen und Organisation energiesparender Maßnahmen. In der vorliegenden Studie wird das Energiemanagement nicht als Verhaltensmaßnahme behandelt.

Im sehr heterogenen Sektor Kleinverbrauch wurde eine Auswahl von Untersuchungsbereichen getroffen. Die prozessbezogenen Verhaltensmaßnahmen, wie z. B. die Beschickung von Backöfen in Bäckereien oder die Benutzung von Absaugeinrichtungen in Schreinereien, sind zu vielfältig, um jeweils die Potenziale abschätzen zu können. Deshalb sollen prozesstechnische Besonderheiten in den nicht ausgewählten Branchen außer Betracht bleiben. Jedoch gelten auch hier die Aussagen über Querschnittsmaßnahmen, z. B. zu Heizung, Beleuchtung und Bürogeräten.

In produzierenden Betrieben des Kleinverbrauchs, z. B. im Metall- und Holzgewerbe, in Kfz-Betrieben, Druckereien, Fleischereien, Wäschereien und Chemisch-Reinigungen wird die eingesetzte Energie vor allem für die Beheizung der Räume verwendet. Daher sind auch hier die Maßnahmen relevant, die das Heizen, Lüften und Klimatisieren betreffen. Dies gilt ebenso für Bereiche wie Post, Bahn und Telekom (Verwaltungsgebäude).

Darüber hinaus bestehen verhaltensorientierte Energiesparmöglichkeiten in der Produktion, die für viele Branchen gelten:

- Vermeidung von Leerlaufverlusten; schon bei kurzen Betriebsunterbrechungen lohnt sich das Abschalten von Maschinen, z. B. Sägen in Schreinereien
- Maschinen und Geräte nach Möglichkeit voll auslasten und dann ganz abschalten statt mit verringerter Geschwindigkeit durchlaufen lassen, z. B. auch Backöfen, Kochgeräte, Waschmaschinen etc. voll auslasten
- Leistung optimieren: nur so viel Leistung wie nötig, z. B. Druckluft, Ventilatordrehzahlen, Luftgeschwindigkeiten; Nebenanlagen, z. B. Hydraulik, Luftabsaugung etc., brauchen oft mehr Leistung als der eigentliche Prozess
- regelmäßige Wartung der Maschinen, Geräte und Anlagen, dabei Überprüfung der Leistung, Kontrolle auf Lecks etc.

Die spezifischen Einsparpotenziale sind jedoch zwischen den Branchen und oft auch zwischen einzelnen Produktionszweigen sehr unterschiedlich, so dass keine Hochrechnungen auf die Gesamtpotenziale möglich sind.

Zur Identifikation von Verhaltensmaßnahmen und Einzelpotenzialen wurden Literaturrecherchen und Expertenbefragungen durchgeführt; auch Broschüren von Branchenverbänden und Energieversorgern wurden ausgewertet. Gleichzeitig wurden Rahmenbedingungen – soweit sie auf das Verhalten und die Potenziale Einfluss haben könnten – untersucht, z. B. Ausstattungsgrad, Komfortanforderungen etc., und deren weitere Entwicklung abgeschätzt. Grundsätzlich wurden die Rahmenbedingungen und Annahmen zugrunde gelegt, die jeweils für die Projekte „IKARUS“ und „Politikszenarien“ verwendet werden. Es wird somit vom „Status quo“ des Verhaltens ausgegangen. Hierzu wurden verfügbare empirische Daten herangezogen. Die technische Entwicklung (z. B. energetische Effizienzverbesserung von Geräten, verstärkte Dämmung etc.) wurde einbezogen. Veränderungen von Rahmenbedingungen und Interdependenzen, z. B. veränderte Komfortansprüche, Arbeitszeiten und Arbeitsverfahren, wurden qualitativ behandelt, aber nicht quantitativ berücksichtigt. Das methodische Vorgehen bei den IKARUS-Rechnungen ist im Detail in Kapitel 3 beschrieben.

Recherchen wurden auch über energiepolitische Programme und Aktionen durchgeführt. Aus den „Politikszenarien“ wurden die auf Verhalten wirkenden Programme betrachtet. Des weiteren wurden länderspezifische, kommunal oder regional angebotene sowie interessante ausländische Programme, Aktionen und Instrumente untersucht und typisiert, vor allem solche, die auf Verhaltensänderungen abzielen. Aus der Vielzahl der Programme wurden diejenigen näher untersucht, die ausreichend dokumentiert und möglichst weitreichend wirksam sind. Instrumente wie Vorschriften und Regulierungen wurden nur insoweit betrachtet, als sie technische Maßnahmen, z. B. Wärmedämmung, bewirken, die das Ausgangspotenzial beeinflussen.

2 Einzelpotenziale und Rahmenbedingungen für die Entwicklung

In Abstimmung mit dem Begleitkreis wurden folgende vom Gesamtenergieverbrauch her bedeutenden Bereiche ausgewählt:

- Handel mit Schwergewicht auf dem stromintensiven Lebensmitteleinzelhandel
- Hotels und Gaststätten
- Banken, Versicherungen
- Organisationen ohne Erwerbszweck (Büros, Heime)
- Öffentliche Verwaltungen (Bund, Länder, Städte und Gemeinden)
- Schulen.

Damit sind rund zwei Drittel der Beschäftigten und etwa 60 % des Energieverbrauchs des Sektors Kleinverbrauch im Projekt erfasst, wie aus Tabelle 2-1 ersichtlich ist.

Tabelle 2-1: Beschäftigte und Energieverbrauch im Kleinverbrauchssektor

Ausgewählte Branchen	Beschäftigte [1.000]	Endenergieverbrauch 1994 [TWh/a]		
		Strom	Brennstoffe	Insgesamt
Einzelhandel	3.065	12,99	35,50	48,49
Großhandel	1.567	7,04	16,25	23,29
Kreditinstitute, Versicherungen	1.039	2,80	7,22	10,02
Beherbergungsgewerbe	354	3,25	10,91	14,16
Gaststätten	856	5,01	11,98	16,99
Verlagsgewerbe	182	0,48	0,70	1,18
Sonst. betriebl. Dienstleistungen	4.014	5,44	23,63	29,07
Org. ohne Erwerbszweck, Heime	1.676	4,27	24,48	28,75
Gebietskörperschaften	4.164	5,92	32,07	37,99
Schulen	1.271	4,94	27,88	32,82
Summe ausgewählt	18.006	52	190	242
Prozesstechnisch nicht behandelte Branchen				
Produzierendes Kleingewerbe (Betriebe bis 19 Beschäftigte), z. B. Metall, Kfz, Holz, Bäcker	1.786	6,20	24,57	30,77
Wäschereien, Reinigungen	86	0,60	3,37	3,97
Baugewerbe	2.998	2,47	16,87	19,34
Landwirtschaft	794	4,90	20,30	25,20
Gartenbau	273	0,60	6,90	7,50
Krankenhäuser	1.059	4,64	15,36	20,00
Bäder	66	1,70	5,56	7,26
Sonstiges, z. B. Post, Militär	1.642	13,29	26,73	40,02
Summe insgesamt	**26.892**	**87**	**310**	**397**

Quelle: Geiger/Gruber/Megele 1999

Ein großer Teil der „sonstigen betrieblichen Dienstleistungen“ sind Kleinbüros von Berufsgruppen, wie z. B. Steuerberater, Rechtsanwälte, Ärzte und andere Heilberufe, sowie Softwarefirmen, Werbeagenturen, Wohnungsverwalter, Makler etc. Diese Bereiche können als „haushaltsähnlich“ charakterisiert werden. Gleiches gilt für einen Teil der Branche „Kreditinstitute und Versicherungen“, die auch kleine Versicherungsvertreter und -makler umfasst.

Zu den „Organisationen ohne Erwerbszweck“ gehören im Wesentlichen Einrichtungen der Wohlfahrtspflege, Jugendhilfe, Bildung, Wissenschaft und Kultur, von Parteien, Verbänden etc. sowie Heime. Auf letztere treffen im Wesentlichen die Energieverbrauchsschwerpunkte des Gastgewerbes zu, während die übrigen Bereiche Bürocharakter haben.

Das Baugewerbe wäre ebenfalls noch eine von den Beschäftigten und dem Energieverbrauch her relevante Branche, die jedoch äußerst heterogen ist. Sie enthält neben Hoch- und Tiefbau das gesamte Ausbaugewerbe (Glaser, Tischler, Maler, Installateure etc.) bis hin zur Fassadenreinigung eine Vielfalt von Wirtschaftszweigen. Der stationäre Energieverbrauch in Betriebsgebäuden des Baugewerbes ist über die Querschnittstechnologien einbezogen.

Für den Kleinverbrauchssektor wurden fünf Querschnittsbereiche identifiziert, die für alle Branchen relevant sind (Tabelle 2-2) und unter dem Begriff „Allgemeine“ Maßnahmen zusammengefasst sind. Darüber hinaus werden weitere branchenspezifische Energieverbrauchssegmente betrachtet. Beim Sektor „Bürobetrieb“ wurden keine sektorspezifischen Maßnahmen die über die allgemeinen hinausgehen identifiziert.

Zu den einzelnen Bereichen wurden die relevanten Verhaltensmaßnahmen zusammengestellt. Hierbei wurde sowohl auf in der Literatur erwähnte als auch auf in Expertengesprächen angesprochene Maßnahmen zurückgegriffen. Maßnahmen, die nur über eine größere Investition zu realisieren sind (z. B. Installation einer Regelungsanlage), wurden nicht berücksichtigt. Wird bei einer Maßnahme der Verzicht auf ein energieverbrauchendes Gerät empfohlen, handelt es sich um eine hundertprozentige Energieeinsparung gegenüber dem weiteren Einsatz dieses Gerätes.

Tabelle 2-2: Relevante Bereiche für Verhaltensmaßnahmen allgemein und in den ausgewählten Sektoren

	MASSNAHMEN-BEREICHE
ALLGEMEIN	• Heizen • Kontrollierte Lüftung und Klimatisierung • Beleuchtung • Büro-/Elektrogeräte • Warmwasser
SEKTOREN	
Lebensmittelhandel	• Allgemeine Maßnahmen-Bereiche (s. o.) • Kassen, Kühlmöbel
Hotels und Gaststätten	• Allgemeine Maßnahmen-Bereiche (s. o.) • Küche: Kochen, Backen, Kühlen, Gefrieren • Restaurantbetrieb • Gästezimmer • Wäscherei
Schulen	• Allgemeine Maßnahmen-Bereiche (s. o) • Schulgebäude, Sporthallen
Verwaltungen, Bürobetrieb	• Allgemeine Maßnahmen-Bereiche (s. o.)

2.1 Branchenübergreifende Ergebnisse

Das gesamte allgemein relevante Maßnahmenspektrum ist in Tabelle 2.1-1 dargestellt. Die einzelnen Maßnahmen sind kommentiert oder durch weitere wichtige Hinweise ergänzt. Die Zusammenstellung enthält außerdem die Einsparpotenziale der Verhaltensmaßnahmen. Bei den Angaben handelt es sich um Einzelpotenziale die sich nur auf die Auswirkung der speziellen Maßnahmen beziehen. Das Einzelpotenzial gibt die prozentuale Energieeinsparung bei dem durch die Maßnahme beeinflussten Vorgang oder bei dem betroffenen Energieverbraucher an. Die aufgelisteten Einsparpotenziale sind nicht kumulierbar.

Tabelle 2.1-1: Allgemeine Verhaltensmaßnahmen

Bereich	**Maßnahme**	**Erklärung und Kommentare**	Einzel-potenziale
Heizen	Absenkung der Raumtemperatur (richtige Wahl der Raumtemperatur)	Thermostatventile richtig einstellen: Unterrichtsräume: 20 °C, Flure 15 °C, Nebenräume, Treppenhäuser 10–12 °C	6 % bei 1 °C Absenkung
	Berücksichtigung interner und externer Wärmequellen	Wärmeabstrahlung durch Beleuchtung und durch Personen mit einplanen, Anstieg der Raumtemperatur um ein bis drei Grad mit der Zeit	6 % bei 1 °C Absenkung
	Reduzierung der Vorlauftemperaturen der Heizungsanlagen	Anpassung der Vorlauftemperatur an Bedarf und Nutzungszeit; Reduzierung auf 60–80 °C	5-10 %
	Nachtabsenkung, Wochenendabsenkung	rechtzeitige Temperaturabsenkung (1-2 Stunden vor Betriebsschluss), mindestens 4 Kelvin unter Normtemperatur, nur sinnvoll bei optimal eingestellter Vorlauftemperatur; Nachtabschaltung, Wochenendabschaltung wenn Außentemperatur > 10°C Bei schlecht gedämmten Gebäuden ist die Absenkung umstritten. Problem: es herrscht die weitverbreitete Annahme das Wiederaufheizen würde generell mehr Energie verbrauchen.	5-8 %
	regelmäßige, vorschriftsmäßige Wartung und Instandhaltung der Heizungsanlage	Einstellung der Feuerungseinrichtung, Überprüfung der zentralen steuerungs- und regeltechnischen Einrichtungen und Reinigung der Kesselheizflächen (nach HeizAnlV)	5-10 %
	Wärmestau bei Heizkörpern vermeiden	Heizkörperverkleidungen und Einrichtungsgegenstände sind Wärmeschlucker, regelmäßige Reinigung notwendig	5 %
	Heizkörper-Nischendämmung		2-4 %
	Rohre in ungeheizten Räumen dämmen		2-4 %
	In Heizperioden Türen und Fenster schließen	Innen- und Außentüren zwischen Räumen mit unterschiedlichem Temperaturniveau schließen, Fenster und Türen nach Nutzungsschluss kontrollieren.	unbekannt
	Richtiges Lüften (Stoßlüftung)	Stoßlüftung (natürliche Lüftung) für Räume bis 80 m² geeignet , Lüftungszeiten < 10 min, Möglichkeit zum Durchzug schaffen	unbekannt
	Einzelregelungen nutzen (Thermostatventile);	Thermostatventile richtig nutzen, auf deren „Reaktionsgeschwindigkeit" achten; bei längerer Abwesenheit Heizung in Einzelräumen abstellen; Thermostatventile ggf. nachrüsten	4-8 %
	Verringerung der Drehzahl der Heizungspumpen	Alte, mehrstufige Heizungspumpen sind häufig überdimensioniert und können deshalb in einer niedrigeren Stufe betrieben werden, speziell, wenn Thermostatventile nachgerüstet wurden	40 %
	Heizungspumpen abschalten	Kontrolle, ob bei ausgeschalteter Heizung auch die Pumpen abgeschaltet sind	20-40 %
	Verzicht auf elektrische Zusatzgeräte	statt Heizlüfter und Radiatoren: Heizung richtig einstellen	100 %

Fortsetzung Tabelle 2.1-1

Bereich	Maßnahme	Erklärung und Kommentare	Einzel-potenziale
Kontrollierte Lüftung, Klimatisierung, Luftheizung	regelmäßige Wartung und Instandhaltung der Lüftungs- und Klimaanlage	fachgerechte Kontrolle der Einstellungen und der Funktionstüchtigkeit	20 %
	bedarfsgerechter Betrieb	manuell o. mit Zeitschaltuhr (vor allem bei Einzelraumbe- und -entlüftung), Ventilatoren möglichst lange in der kleinsten Stufe laufen lassen, Klimaanlagen möglichst lange im Umluftbetrieb laufen lassen (Bei niedrigen Außentemperaturen und ohne Wärmerückgewinnung)	20-70 %
	Optimierung der Betriebstemperatur	Bei Kälteversorgung: Verbesserung des Wirkungsgrades durch Anhebung der Betriebstemperatur	20 %
	Wärmeerzeugende Geräte räumlich konzentrieren	lokale Eingrenzung des Wärmeanfalls	10 %
Beleuchtung	Ersetzen von Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen)	vorrangig Lampen mit hoher Brennstundenzahl	80 %
	Ersetzen von herkömmlichen Leuchtstofflampen durch moderne	(z. B. 16 mm-Lampe + EVG), Dreibandenleuchten	25 %
	Anzahl der Lampen reduzieren wenn Helligkeitsrichtwert überschritten ist		20 %
	Selektives Zu- und Abschalten der Beleuchtung	gezielte Arbeitsplatzbeleuchtung Beleuchtung in nicht genutzten Räumen ausschalten optimale Tageslichtnutzung	25 %
	Beleuchtungsregelungen anwenden – Einsatz von Zusatzgeräten	Helligkeitsregelungen durch dimmen (Dimmer anwenden) gesteuertes Zu- und Abschalten der Beleuchtung (auch außen): Bewegungsmelder, Treppenhausautomatik etc.	50 %
	Reflektoren und Lampen regelmäßig reinigen	bis zu 40 % mehr Licht	10 %

Fortsetzung Tabelle 2.1-1

Bereich	Maßnahme	Erklärung und Kommentare	Einzel-potenziale
Büro-geräte	konsequentes Abschalten von Bürogeräten in Pausen und nach der Arbeitszeit	nicht für alle Bürogeräte durchführbar oder sinnvoll	bis über 50 %
	Einfache Bildschirmschoner verwenden	keine bunten, animierten Bildschirmschoner einsetzen	5 %
	Powermanagement nutzen	EDV-Betreuer ansprechen	bis 30 %
	Steckernetzteile vom Netz trennen	auch große Rechner und Rechenzentren; Einsatz von Mehrfachsteckdosen mit Kippschalter, Stecker ziehen	8-10 %
	Energiespargeräte (Zusatzgeräte) einsetzen	ECO MAN, POWER SAFER, Optifax für Faxgeräte besonders lohnend für Geräte ohne Stand-by-Modus	60-70 %, Fax bis 75 %
	Schaltuhren einsetzen/Arbeitsorganisation (Geräte-Netzwerke)	bei gemeinschaftlich genutzten Geräten sinnvoll; Zeitschaltuhr richtig einstellen, Memo-Switch-Geräte einsetzen	Drucker ca. 50 % Kopierer ca. 20 %
	Sparschalter am Gerät nutzen	Direktschaltung in den Stand-by-Modus	20-50 %
Warm-wasser	Senkung der Warmwassertemperatur auf Solltemperatur 60 °C	60 °C ist die vorgeschriebene Temperatur zur Verhinderung der Legionellen-Vermehrung, Richtige Einstellung am Erhitzer	10 % bei Temperatursenkung um 5 K
	Einsatz von Zeitschaltuhren	Zeitschaltuhr richtig einstellen	bis 80 %
	Einsatz von Thermo-Stopp-Geräten (als Zusatz montiert)	Verwandelt Untertischgerät in ein Kochendgerät, d. h. der Speicher wird per Knopfdruck einmal aufgeheizt	80 %
	Reduzierung der Durchflussmengen	Einsatz von Perlatoren	30 %
	Bewusstes Nutzerverhalten	Verzicht auf Warmwasser wo immer möglich	50 %

2.1.1 Heizen

Richtige Wahl der Raumtemperatur

Thermostatventile ermöglichen eine Einzelraumregelung. Damit kann in den Räumen entsprechend ihrer Nutzung die Temperatur individuell eingestellt werden, auch wenn sie an ein und dem selben Heizstrang liegen. Werden Büros, Hotelzimmer, Wohnräume und Klassen nach DIN 4701 mit 20 °C beheizt, so reichen für Flure und Toiletten z. B. 12–15 °C aus (Tabelle 2.1-4).

Das Temperaturempfinden des Menschen hängt allerdings nicht nur von der tatsächlichen Raumtemperatur ab, sondern auch von der Temperatur der Umschließungsflächen des Raumes. Aus der Summe dieser Einflüsse ergibt sich die Empfindungstemperatur. Deshalb kann die Raumtemperatur in Räumen mit hohen Wand, Boden und Deckentemperaturen eher niedriger gewählt werden, als in schlecht gedämmten Räumen.

Vielen Nutzern ist die genaue Funktionsweise eines Thermostatventils nicht bekannt. Das Ventil ist so lange geöffnet und das Wasser durchströmt den Heizkörper, bis die eingestellte Temperatur erreicht ist. Mit Erreichen der eingestellten Temperatur schließt sich das Ventil langsam. Sinkt die Temperatur, so öffnet sich das Ventil wieder. Dabei dient die Zahlenskala auf dem Ventil als Anhaltswert, je nach Raum kann eine etwas andere Einstellung zur gewünschten Raumtemperatur führen. Die Einstellung des Ventils zu höheren Temperaturen verkürzt nicht die Zeit, die zur Aufheizung des Raumes benötigt wird. Vielmehr stellen sich höhere Raumtemperaturen ein, als benötigt werden. Dies führt langfristig zu einem erhöhten Temperaturniveau und damit zu einem erhöhten Heizenergiebedarf. Das Einsparpotenzial liegt bei 6 % je 1 K Absenkung, ist allerdings abhängig von der Dauer der Nachtabsenkung (Specht 1998).

Die Erfahrung zeigt, dass Schulen häufig überheizt sind. Besonders häufig kommt dies in Grundschulen vor, nach vorsichtigen Schätzungen ist dies bei 50 % der Grundschulen der Fall. Auch in Hotels sind die Zimmer oft überheizt.

Bei einigen Kommunen sind immer noch nicht alle Schulen mit Thermostatventilen ausgerüstet. Ca. 10-20 % der Schulen haben noch einfache Drehventile. Dieser Wert wird allerdings in den nächsten Jahren weiter abnehmen.

Werden Thermostatventile eingebaut, so ist mit einem Einsparpotenzial von 4–8 % zu rechnen. Werden sie mit einer witterungsgeführten Regelung kombiniert sind es 8–20 %. Einzelne Räume, die wenig genutzt werden und die über ein Thermostatventil verfügen, können individuell auf eine niedrigere Temperatur eingestellt wer-

den. Obwohl Thermostatventile inzwischen in öffentlichen Gebäuden vorgeschrieben sind, sind noch nicht alle Gebäude dieses Typs umgerüstet worden.

Tabelle 2.1-4: Norm-Innentemperaturen für beheizte Räume nach DIN 4701

Gebäude- und Raumart	Temperatur
Schulen/Hochschulen/Universitäten	
Unterrichtsräume/Hörsäle	
• während der Nutzung	20 °C
• bei Nutzungsbeginn	17-19 °C
Turnhallen	17 °C
Umkleideräume	22 °C
Wasch- und Duschräume	22 °C
Flure zwischen Umkleide-, Wasch-, und Duschräumen	18 °C
Gymnastikräume	17 °C
med. Untersuchungsräume	24 °C
Werkräume	18 °C
Werkstätten	17 °C
Lehrküchen im Unterricht bei Nutzungsbeginn	18 °C
Lehrschwimmhallen	2 K über Wassertemp. bis max. 30 °C
Aulen	
• während der Nutzung	20 °C
• bei Nutzungsbeginn	17–19 °C
Verwaltungsgebäude	
Büroräume	
• während der Nutzung	20 °C
• bei Nutzungsbeginn	19 °C
Flure und Treppenhäuser	
• üblicherweise	12 °C
• bei zeitweiligem Aufenthalt	15 °C
Toiletten	15 °C
Nebenräume	15 °C
Sitzungssäle	
• während der Nutzung	20 °C
• bei Nutzungsbeginn	19 °C
Geschäftshäuser	
Verkaufsräume/Läden allgemein u. alle Haupttreppenräume	20 °C
Lebensmittelverkaufsräume	18 °C
Lager allgemein	18 °C
Käselager	18 °C
Wurstlager, Fleischwarenverarbeitung und -verkauf	15 °C
Toiletten und Nebenräume	15 °C
Hotels und Gaststätten	
Hotelzimmer	20 °C
Bäder	24 °C
Hotelhallen, Sitzungszimmer, Festsäle, Haupttreppenräume	20 °C
Toiletten und Nebenräume	15 °C

Aufwand

Die Einstellung der Thermostatventile ist je nach Heizungssystem etwas zeitintensiv. Zum Handwerkszeug des Hausmeisters gehört ein Thermometer, mit dem die Raumtemperaturen objektiv überprüft werden können. Hier sollte der Hausmeister mit den Nutzern zusammenarbeiten, um die Heizungsregelung zu optimieren.

Je nach Zugänglichkeit der Thermostatventile und der Initiative der Nutzer kommt es mehr oder weniger häufig dazu, dass die Einstellung des Ventils geändert wird. Dies ist bei „Behördenmodellen“ nicht der Fall, da die Einstellung nur mit einem Spezialschlüssel vorgenommen werden kann.

Durch die weitere Verbreitung von Gebäudeleittechnik wird auch die Überprüfung der Raumtemperaturen erleichtert. Moderne Anlagen verfügen über Messfühler in einigen Referenzräumen. Trotzdem kann es in der Anfangsphase des Betriebes zu Schwierigkeiten bei der Einregelung einer solchen Anlage kommen, da manchmal die Temperaturfühler an ungünstigen Stellen sitzen oder einzelne Räume doch ein anderes Temperaturverhalten haben, als der entsprechende Referenzraum. In diesem Zusammenhang kommt der Schulung des technischen Personals eine besondere Bedeutung zu. Zudem muss in der ersten Heizperiode ausreichend Arbeitszeit für das Einregulieren der Anlage eingeplant werden.

Bei einer Gebäudeleittechnik mit Einzelraumregelung kann die Temperatur jedes Raumes und zu jeder Stunde individuell eingestellt werden. Diese Lösung ist aber bei Sanierungen seltener, da der nachträgliche Einbau sehr kostspielig ist.

Berücksichtigung interner Wärmequellen und passive Solarenergienutzung

Nicht nur die Heizung trägt zur Beheizung eines Gebäudes bei, sondern auch die Nutzer, Maschinen, Bürogeräte und die Beleuchtung. Ein Mensch, der leichte Tätigkeiten ausübt, gibt eine Wärmeleistung von 100 W ab. Je schlechter der Wirkungsgrad und je höher der Ausstattungsgrad bei elektrischen Geräten, desto höher sind auch die internen Wärmegewinne. Besonders Glühlampen wandeln 95 % des Stromes in Wärme um. Selbst Geräte, die auf Stand-by geschaltet sind, tragen zu den internen Wärmegewinnen bei.

In Räumen mit hoher technischer Ausstattung, wie EDV- und Telefonzentralen, sowie in Räumen mit vielen Menschen, wie Hörsäle, Kantinen, Gasträume, Besprechungszimmern, usw., kann die Heizung entsprechend früh heruntergeregelt und in vielen Fällen ganz abgeschaltet werden.

Verfügt das Gebäude über große Fensterflächen, so heizen sich die Räume auf der Südseite bei Sonne wesentlich stärker auf als auf der Nordseite. Es handelt sich hier

um solare Gewinne. Nur durch eine optimale, schnell reagierende Heizungsanlage kann man diese Wärmegewinne optimal ausnutzen.

Wird das Gebäude klimatisiert, führen die internen Wärmequellen zu einer Erhöhung des Kältebedarfs. So sollten elektrische Geräte möglichst wenig Wärme abgeben, und die Sonne sollte möglichst durch einen halbtransparenten, außenliegenden Sonnenschutz abgeschirmt werden. Lässt der Sonnenschutz zu wenig Licht durch, muss zusätzlich die Beleuchtung angeschaltet werden, die wiederum einen wesentlichen Anteil an den internen Wärmelasten hat.

Das Einsparpotenzial ist abhängig von der Höhe der internen Lasten, der Speicherfähigkeit der Umgebungsflächen und der Qualität der Heizungsanlage. Die solaren Gewinne hängen von der Fenstergröße ab. Handelt es sich allerdings nicht um hochwärmegedämmte Fenster, sind die Transmissionsverluste über das Jahr höher als die solaren Gewinne.

Die Berücksichtigung interner und solarer Wärmequellen entfällt, wenn der Raum mit einem Thermostaten überwacht wird. Dies kann ein Thermostatventil, ein Raumthermostat, aber auch Gebäudeleittechnik mit Einzelraumregelung sein. Reagiert die Heizung träge, ist das Einsparpotenzial gering. Einsparungen werden bei älteren Heizungsanlagen durch frühzeitigen Übergang z. B. in die Nachtabsenkung erzielt. Dies gilt insbesondere für Versammlungsräume. Auch ein Stoßbetrieb der Heizung ist gerade in Räumen mit hohen internen Lasten sinnvoll, wenn es keine anderen Regelmöglichkeiten gibt. Der Hausmeister oder das technische Personal sollte das Verhalten der Räumlichkeiten in Bezug auf die Beheizung beobachten und analysieren. Ggf. sollte das Fachpersonal geschult werden. Aber auch die Nutzer können mit ihren Erfahrungen die Optimierung erleichtern, was allerdings ein Grundwissen zu den Regelmöglichkeiten der Heizung voraussetzt. Mit der Zunahme der Ausstattung mit Thermostatventilen und Gebäudeleittechnik wird diese Maßnahme an Bedeutung verlieren.

Reduzierung der Vorlauftemperaturen

Ein Teil der Heizenergie geht bereits im Rohrnetz ungenutzt verloren. Dabei ist der Wärmeverlust direkt proportional zur Temperaturdifferenz zwischen Heizwassertemperatur und Umgebungstemperatur. Deshalb sollte die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage so niedrig wie möglich gewählt werden.

In modernen Heizungsanlagen wird die Vorlauftemperatur mittels eines Außentemperaturfühlers in Abhängigkeit der Außentemperatur geregelt. Es handelt sich hier um die Heizkurve. Sie beschreibt in Abhängigkeit von der Außentemperatur, mit welcher Vorlauftemperatur die Heizkreise beschickt werden. Je niedriger die Außentemperatur, desto höher ist die Vorlauftemperatur. Häufig ist die Raumtemperatur bei besonders niedrigen Außentemperaturen entweder zu hoch oder zu niedrig.

Im ersten Fall ist die Heizkurve zu steil eingestellt und es kommt zu einem unnötigen Mehrverbrauch an kalten Tagen. Im anderen Fall ist die Heizkurve zu flach eingestellt und das Gebäude lässt sich nicht richtig beheizen. Wird das Gebäude bei relativ hohen Außentemperaturen nicht ausreichend warm, muss die Heizkurve parallel nach oben verschoben werden. Dies bedeutet allerdings auch höhere Vorlauftemperaturen an kalten Tagen. Um dies zu vermeiden, muss die Steilheit der Heizkurve gleichzeitig verringert werden.

Die Heizkurve sollte innerhalb einer Heizperiode optimiert werden. Dazu muss der Hausmeister über ausreichende Kenntnisse verfügen und ggf. geschult werden. Er sollte die Einregeltests den Nutzern ankündigen und um Verständnis bei eventuellen Unannehmlichkeiten bitten. Am einfachsten ist es, wenn Hausmeister und Nutzer zusammenarbeiten. Verfügt die Heizungsanlage über eine selbstoptimierende Regelung, findet die Anpassung automatisch statt.

Da sich jedes Gebäude thermodynamisch sehr unterschiedlich verhält und auch die Nutzungszeiten veränderbare Größen sind, muss unabhängig von der technischen Ausstattung die Regelung im Betrieb immer noch optimiert werden.

Neuere Systeme haben die Möglichkeit, über Software die Heizkurve selbst zu optimieren. Aber auch dies sollte überwacht und kontrolliert werden, da selbst die beste Technik nicht immer fehlerfrei arbeitet.

Nacht- und Wochenendabsenkung und Nachtabschaltung

Heizungsanlagen sind in der Regel mit Zeitschaltuhren ausgerüstet, die es ermöglichen, die Vorlauftemperatur über Nacht und am Wochenende abzusenken. Die Absenktemperatur sollte mindestens 5 °C betragen. D. h. bei einer Tagestemperatur in den Räumen von 20 °C sind dies 15–14 °C. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit die Heizkreise in diesen Zeiten ganz abzuschalten. Moderne Heizungssysteme verfügen über einen automatischen Frostschutz. Sie lassen sich manchmal auch so einstellen, dass ab einer bestimmten Außentemperatur, in der Regel 10 °C, eine Nachtabschaltung durchgeführt wird und bei niedrigeren Temperaturen nur eine Nachtabsenkung. Es sollte überprüft werden, welche Ausstattung die Regelung besitzt, ggf. wie solche Automatiken aktiviert werden.

Niedertemperaturkessel können abgeschaltet werden. Ältere und größere Kessel können korrodieren. In diesem Fall sollten nur die Heizkreise abgeschaltet werden (Specht 1998).

Bei der Einstellung der Schaltzeiten ist zusätzlich die Trägheit des Gebäudes zu beachten. Das heißt, dass die Heizung oft bereits 1–2 Stunden von Nutzungsende heruntergefahren werden kann. Entsprechend früher muss sie wieder heraufgeregelt werden. Nach einer längeren Phase im Absenkbetrieb kann diese Vorheizzeit etwas

länger sein. Welche Schaltzeiten zu wählen sind, muss im jeweiligen Gebäude durch Versuche herausgefunden werden. Besitzt die Heizung allerdings eine selbstoptimierende Regelung, sind die tatsächlichen Nutzungszeiten einzuprogrammieren. Es sollte auch getestet werden, ob ein stundenweises Heizen in der Hauptnutzungszeit ausreichend ist. Dies ist häufig in der Übergangszeit oder bei gut gedämmten Gebäuden möglich.

Das Einsparpotenzial liegt bei 5–8 %. Es ist von folgenden Faktoren abhängig: der Bauweise des Gebäudes, der Dauer der Nacht- oder Wochenendabsenkung, der Wärmedämmung der Umschließungsflächen, dem Fensteranteil und dem Regelsystem. Bei leichter Bauart ist die Einsparung höher, als bei einer schweren Bauart des Gebäudes, wenn der Dämmstandard gleich ist (Tabelle 2.1-5). Ein erhöhter Fensteranteil erhöht den Gesamtenergieverbrauch, erhöht damit aber auch gleichzeitig das Einsparpotenzial (Recknagel/Sprenger/Schramek 1995). Nur bei sehr guten Fenstern inklusive Rahmen mit hoher Dämmwirkung sind die solaren Gewinne höher als die Wärmeverluste durch Transmission. Gerade bei gut gedämmten Gebäuden kann das Einsparpotenzial durch eine schnell reagierende Regelung auch tatsächlich ausgeschöpft werden.

Tabelle 2.1-5: Mittlere Energieeinsparung durch Nacht- und Wochenend- Heizunterbrechung

Gebäudeart	**Heizenergieeinsparung in %**	
	schwere Bauart	**leichte Bauart**
Einfamilienhaus	10	16
Wohngebäude	3	–
Bürogebäude		
– kleine Räume	8–13	15–20
– große Räume	16–21	17–22

Quelle: Recknagel/Sprenger/Schramek 1995

Der Aufwand für diese Maßnahme ist sehr hoch, wenn die Anlage nur über eine Tageszeitschaltuhr verfügt. Variierende Nutzungszeiten, speziell auch am Wochenende, können nur manuell umgestellt werden. Wichtig ist in diesem Fall die Umstellung bei Betriebs- oder Schulferien.

Bei Wochenzeitschaltuhren ist der Aufwand erheblich geringer. Probleme bereiten hier einmalig stattfindende Ereignisse, wie z. B. Betriebsfeiern oder Elternabende. In diesem Fall muss die Schaltzeit manuell verlängert und anschließend wieder verkürzt werden. Moderne Regelungen verfügen über eine einfache Automatik, die es ermöglicht, eine einmalige Verlängerung der Schaltzeit einzustellen, die sich danach automatisch wieder aus dem System löscht. Bei Anlagen mit Gebäudeleittech-

nik ist in der Regel die differenzierte Programmierung einzelner Tage schon lange im voraus möglich.

Da diese Maßnahme vom Hausmeister oder von den technischen Mitarbeitern durchgeführt wird ist es wichtig, dass diese mit der Technik vertraut sind. Genaue Arbeitsanweisungen und Schulungen erleichtern die Durchführung.

Mit zunehmender Technisierung wird der Aufwand für diese Maßnahme immer geringer. Allerdings müssen weiterhin bei einer Änderung der Nutzungszeiten die Schaltzeiten der Heizung angepasst werden.

Regelmäßige Wartung und Instandhaltung der Heizungsanlage

Die Heizungsanlage sollte regelmäßig gewartet und instandgehalten werden. Dabei ist neben der Regelung besonders die Einstellung der feuertechnischen Einrichtungen zu überprüfen und ggf. eine Reinigung der Kesselheizflächen vorzunehmen. Das Einsparpotenzial liegt bei 5–10 %.

Eine Erhebung des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) für das Jahr 1997 hat ergeben, dass bei den bestehenden Feuerungsanlagen (bundesweit werden Feuerungsanlagen in über 14.000.000 Gebäuden, auch Haushalte, regelmäßig untersucht) im Untersuchungsjahr 1,62 Mio. Mängel zu beklagen waren (ZIV 1997). Ein Viertel dieser Mängel betrafen direkt die Feuerungsanlage, ein weiteres Viertel die Schornsteine. Hinzu kommt, dass 5 % der Gasfeuerungsanlagen und gut 10 % der Ölfeuerungsanlagen 1997 nicht die Grenzwerte der 1. BimSchV einhielten. Zu hohe Abgaswerte bedeuten gleichzeitig einen unnötig hohen Energieverbrauch bzw. zu hohe Schadstoffmengen. Durch die Überwachung der Kleinfeuerungsanlagen hofft man, die Anlagenbesitzer dazu bewegen zu können, nötige Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durchführen zu lassen. Gelänge es, alle beanstandeten Feuerungsanlagen auf Abgasverluste einzustellen, die wenigstens zwei Prozentpunkte unter dem Grenzwert der 1. BimSchV liegen, wäre damit eine Energieeinsparung von jährlich über 1,9 Mrd. kWh zu erzielen.

Der Aufwand für Nutzer und Betreiber ist gering, da die Wartung in der Regel von Fremdfirmen durchgeführt wird. Damit bedingt die Maßnahme hauptsächlich einen finanziellen Aufwand.

Wärmestau an Heizkörpern vermeiden

An machen Stellen sind die Heizkörper mit Möbeln zugestellt oder befinden sich hinter einer Verkleidung. Das hat zwei Auswirkungen. Zum einen kann die Wärme nicht richtig in den Raum abgestrahlt werden. Dies ist besonders bei Heizkörpern der Fall, die einen hohen Strahlungsanteil besitzen, wie Gliederheizkörper und ein-

reihige Plattenheizkörper. Verfügt der Heizkörper über ein Thermostatventil, schließt es sich, bevor im Raum die Solltemperatur erreicht wird, da die Umgebungsluft am Ventil wesentlich wärmer ist. Gardinen sollten so angebracht werden, dass sie bündig mit der Fensterbank abschließen und die Wärme vor dem Vorhang im Zimmer aufsteigen kann. Nur so kann sich hinter dem Vorhang ein isolierendes Luftpolster bilden.

Der Aufwand ist sehr unterschiedlich. Handelt es sich um Verkleidungen, so können sie einmalig entfernt werden. Dies kann allerdings Schönheitsreparaturen nach sich ziehen. Wird Mobiliar vor die Heizkörper gestellt, so müssen die Nutzer häufiger daran erinnert werden, dass dies zu einer mangelhaften Beheizung des Raumes führen kann.

In neueren Gebäuden sind Heizkörperverkleidungen kaum noch anzutreffen. Manchmal werden sie in Kindergärten angebracht, um die Kinder vor Verletzungen zu schützen, aber mit der richtigen Auswahl der Heizkörper und einer Niedertemperaturheizung ist dies eigentlich überflüssig.

Dämmung der Heizkörpernischen

Sind die Heizkörper mindestens in einem Abstand von 5 cm von der Wand angebracht, kann eine Dämmung der Heizkörpernische durchgeführt werden, ohne dass die Heizkörper entfernt werden müssen.

Der Abbau lohnt sich wirtschaftlich nur, wenn die Heizkörper sowieso erneuert werden und die Dämmung als Sekundärmaßnahme durchgeführt wird. Das Einsparpotenzial dieser Maßnahme liegt bei 2–4 %. Je nach Größe des Gebäudes können aber höhere Investitionen notwendig sein.

Die Dämmung der Heizköpernischen kann von Nutzern oder Betreibern des Gebäudes vorgenommen werden. Wichtig ist, darauf zu achten, dass keine Luft hinter der Nischendämmung eingeschlossen wird. In diesem Falle kann es dort zu Schimmelbildung kommen. Am einfachsten ist, die Dämmung beim Austausch der Heizkörper im Rahmen von Sanierungen vorzunehmen. Neuere Gebäude haben keine Heizkörpernischen mehr. Erfolgt eine Außendämmung, so entfällt die Dämmung der Nischen ebenfalls.

Rohrleitungen in ungeheizten Räumen dämmen

In vielen Heizungskellern sind die Heizungsrohre nicht gedämmt oder die Dämmung ist nicht mehr intakt. Durch die Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwasser und der Raumtemperatur kommt es dann zu erheblichen Wärmeverlusten. Hohe

Temperaturen in Heizungskellern sind ein Indikator dafür, dass Wärme ungenutzt verloren geht.

Bei einer bundesweiten Untersuchung der Heizungsanlagen durch den Zentralverband Deutscher Schornsteinfeger wurde festgestellt, dass zwei Drittel der Rohrleitungen und Armaturen von Heizungsanlagen nicht oder geringer als nach Heizungsanlagenverordnung vorgeschrieben gedämmt sind. Je Meter ungedämmte Leitung kann man als Richtwert von 3-4 l zusätzlichen Heizölverbrauch ausgehen (Energiedepesche 1999).

Das Einsparpotenzial liegt je nach Führung der Heizungsrohre bei 2–4 %. Rohre, die durch regelmäßig beheizte Räume führen, müssen nicht gedämmt werden, da sie zur Raumheizung beitragen.

Der Aufwand ist je nach Zugänglichkeit und Länge der Rohre unterschiedlich. Im Normalfall muss das Dämmmaterial nur auf die richtige Länge gekürzt und über das Rohr gestülpt werden. Diese Arbeiten können vom Hausmeister oder von den technischen Mitarbeitern durchgeführt werden.

Bei Neuanlagen und Sanierungen werden die Rohre in der Regel gedämmt. Neuere Pumpen werden bereits mit Dämmung geliefert. Die ordnungsgemäße Ausführung der Arbeiten sollte nach deren Abschluss allerdings überprüft werden.

In Heizperioden Türen und Fenster schließen

Besonders nach Dienst- oder Schulschluss oder in nicht genutzten Räumen sollte überprüft werden, ob die Fenster und Türen geschlossen sind. Je nach Nutzung der Räume können einige Stunden vergehen, bis das Reinigungspersonal kommt, welches in der Regel angewiesen ist, die Fenster zu schließen. Außerdem werden viele Gebäude nicht oder nicht mehr täglich gereinigt. Nutzer können durch ein Schild an der Tür daran erinnert werden. In Schulen ist der Aushang eines Klassenraum-Stundenplanes hilfreich. Die Schüler und Lehrer wissen dadurch, wann sie die letzten sind, die den Raum an diesem Tag nutzen. Gerne wird vergessen, Kellerfenster und in den Schulen Turnhallenfenster zu schließen.

Bei Außentüren und Türen zu wenig beheizten, aber häufig genutzten Räumen, sollte der Einbau von automatischen Türschließern in Erwägung gezogen werden. In einigen Fällen wurden auch Turnhallenfenster mit automatischen Schließern mit Zeitschaltuhr ausgerüstet.

Der Aufwand für diese Maßnahme besteht im Wesentlichen in der Motivation der Nutzer, auf das Schließen der Fenster beim Verlassen des Raumes zu achten. Bei Gebäuden, in denen sich die Fenster nicht öffnen lassen, entfällt die Maßnahme.

Richtiges Lüften (Stoßlüftung)

Stoßlüftung (natürliche Lüftung) ist für Räume bis ca. 80 m^2 geeignet, darüber hinaus ist der schnelle Luftaustausch nicht gewährleistet. Je nach Raumgröße sind Lüftungszeiten bis maximal 10 min zu empfehlen. Die Möglichkeit, Durchzug zu schaffen verkürzt die Lüftungszeit. In den wenigen Minuten Lüftung geben die Einrichtungsgegenstücke noch nicht Ihre gespeicherte Wärme ab und tragen so nach Beendigung des Lüftungsvorgangs zum schnelleren Aufheizen der Raumluft bei.

Werden kurze Abwesenheiten vom Arbeitsplatz, z. B. Kaffeepause als Gelegenheit zum Stoßlüften genutzt, stellt diese Maßnahme keine Komforteinschränkung dar. Bei gemeinschaftlich genutzten Räumen sollte das Lüften mit den anderen Nutzern abgesprochen werden.

Einzelregelungen nutzen (Thermostatventile)

Siehe auch Abschnitt „Richtige Wahl der Raumtemperatur“. Mit dem Einsatz von Einzelregelungen bei Raumheizungen lassen sich im Vergleich zu ungeregelten Systemen 4–8 % Energie einsparen. Voraussetzung ist, dass die Thermostatventile richtig genutzt werden. So sollte z. B. die Reaktionsgeschwindigkeit des Thermostats bekannt sein und berücksichtigt werden.

Thermostatventile müssen gegebenenfalls nachgerüstet werden. Dies kann vom technischen Personal oder vom Heizungsinstallateur durchgeführt werden. Werden mehrere Räume über einen Raumthermostaten geregelt, kann evtl. im Hauptraum (dort wo der Raumthermostat installiert ist) auf Thermostatventile verzichtet werden, da die Ventile hier ständig voll geöffnet sein sollten.

Verringerung der Drehzahl der Heizungspumpen

Viele Heizungspumpen verfügen über mehrere Drehzahlstufen, die in der Regel direkt an der Pumpe manuell eingestellt werden können. Bei alten Heizungsanlagen sind die Pumpen häufig überdimensioniert. Das führt dazu, dass das Heizwasser zu schnell durch die Heizkörper fließt und nicht die optimale Wärmemenge an den Heizkörper und damit in den Raum abgegeben wird. Es kann dadurch auch zu Geräuschentwicklungen kommen. Besonders nach der Nachrüstung von Thermostatventilen wird weniger Pumpleistung benötigt, da nicht mehr alle Heizkörper durchströmt werden. In vielen Fällen reicht selbst bei 4-stufigen Pumpen Stufe 2 oder sogar Stufe 1 aus. Neben der Heizenergieeinsparung führt dies zu einer Verminderung des Stromverbrauchs. Zwar ist der Förderstrom proportional zur Drehzahl, aber Kraftverbrauch ist proportional zur dritten Potenz der Drehzahl, bei Rohrpumpen mit Spaltrohrmotor zur zweiten Potenz (Recknagel/Sprenger/Schramek 1995).

Der Aufwand ist sehr gering. Der Hausmeister oder das technische Personal schaltet schrittweise die Pumpen zurück und kontrolliert, ob die entsprechenden Gebäudeteile noch ausreichend warm werden. Falls gewisse Unsicherheiten bezüglich der Überdimensionierung bestehen, kann dies im Betrieb sehr einfach überprüft werden. An einem Frosttag wird die Temperatur von Vor- und Rücklauf überprüft. Die Differenz sollte der vorgesehenen Temperaturspreizung entsprechen, mit der die Heizung gebaut wurde. In der Regel sind dies 20 °C. Ist der Temperaturunterschied geringer, liegt eine Überdimensionierung vor. Diese manuelle Anpassung verhindert allerdings nicht, dass bei hohen Außenlufttemperaturen die Pumpleistung immer noch zu hoch ist. Die Maßnahme kann bei einstufigen Pumpen nicht durchgeführt werden.

Bei neuen Pumpen wird die Drehzahl automatisch durch Frequenzumrichter in Abhängigkeit von der Temperatur oder des Druckes geregelt, d. h., diese Maßnahme entfällt zunehmend.

Heizungspumpen abschalten

Im Sommer, wenn die Heizung nur zur Warmwasserbereitung genutzt wird, muss sichergestellt sein, dass alle übrigen Pumpen abgeschaltet sind. Das gleiche gilt auch über Nacht.

Werden die Pumpen in der Heizperiode nachts abgeschaltet, reduzieren sich die Betriebsstunden um 1.000 h im Jahr. Die Ersparnis bei einer 1.000 W-Pumpe liegt dann bei 1.000 kWh/a.

Bei älteren Heizungsanlagen, bei denen die Pumpen manuell abgeschaltet werden müssen, laufen viele im Sommer trotzdem weiter. Häufig wird befürchtet, dass sich die Pumpen sonst festsetzen. Dies tritt jedoch nicht ein, wenn sicherheitshalber die Pumpen einmal pro Monat kurz angeschaltet werden. Je Pumpe reduziert sich die Betriebszeit um 3.760 h. (8.760 h – 5.000 h) Die Einsparung bei einer 1.000 W-Pumpe beträgt 3.760 kWh/a.

Der Aufwand ist sehr gering. Die Maßnahme sollte Bestandteil der Arbeitsanweisungen des Hausmeisters oder der technischen Mitarbeiter zum Übergang vom Winter- in den Sommerbetrieb und umgekehrt sein. Bei modernen Heizungsanlagen ist die Abschaltung automatisch integriert.

Verzicht auf elektrische Zusatzgeräte

Auf elektrische Zusatzgeräte sollte zur Beheizung von Räumen nach Möglichkeit verzichtet werden. Besser ist es, die Heizanlage so zu optimieren, dass eine ausreichende Beheizung gesichert ist. Heizen mit Strom verursacht einen wesentlich hö-

heren Primärenergieverbrauch als Heizen mit Gas oder Heizöl, da durch Produktion und Transport des Stromes bereits Verluste entstehen.

Wird ein Heizlüfter mit einer typischen Leistung von 2 kW 1 Stunde pro Tag in der Heizperiode betrieben, so ergibt sich ein Stromverbrauch von 300 kWh/a (BUND 1998).

Eine Ausnahme bilden Schulen, deren Schulleiterzimmer nicht separat beheizt werden können. Wird dort in den Ferien gearbeitet, kommt häufig eine Elektrozusatzheizung zum Einsatz, um nicht die gesamte Schule beheizen zu müssen. Es ist aber auch möglich, statt dessen eine kleine Gastherme zu betreiben.

Diese Maßnahme erfordert je nach den Rahmenbedingungen einen sehr unterschiedlichen Aufwand. Empfinden die Nutzer die Beheizung als unzureichend, sind offene Gespräche zwischen Betreiber und Nutzern des Gebäudes notwendig.

Liegt die unzureichende Beheizung an technischen Mängeln, so kann dies auf einfach zu behebende Regelungsprobleme zurückzuführen sein. Es kann aber auch ein erheblicher Investitionsaufwand entstehen.

2.1.2 Kühlung, Klimatisierung und Luftheizungen

In fensterlosen Räumen oder wenn eine Fensterlüftung nicht ausreichend ist, sorgen Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen für einen kontrollierten Luftwechsel. Hier lässt sich durch die richtige Einstellung und eine bedarfsgerechte Nutzung der Anlagen der Stromverbrauch minimieren. Auch bei Luftheizungen können die Nutzer Einfluss auf den Heizenergieverbrauch nehmen. Da die Technik der von Lüftungs- und Klimaanlagen ähnelt, werden sie in diesem Kapitel behandelt. Sie werden häufig zur Beheizung in Turnhallen und Versammlungsstätten eingesetzt. Zusätzlich können dort auch noch statische Heizflächen vorhanden sein.

Der Betrieb von Klimatisierungsanlagen ist in der Regel mit der Fensterlüftung abzustimmen. Um eine bestmögliche Wirkung zu erzielen ist es notwendig, dass die Fenster geschlossen bleiben. Bei modernen Haustechniken sind die Fenster in Klimatisierungsphasen automatisch verriegelt.

Es gibt zwar weniger Klima- und Lüftungsanlagen als Heizungsanlagen, aber das Einsparpotenzial ist bei diesen Anlagen derzeit noch wenig erschlossen. Bei vielen Klimaanlagen liegen die Stromkosten für die Luftförderung bei 20–30 % der gesamten Energiekosten (BMWi 1994). Den größten Einfluss auf den Stromverbrauch hat die Höhe des Druckverlustes im System. Dieser ist einmal von den baulichen Rahmenbedingungen, wie z. B. Rohrdurchmesser, Rohrführung, Heizregister, Schalldämpfer, Brandschutzklappen und Filter, abhängig sowie von der Höhe des

Volumenstromes und den Betriebszeiten der Anlage. Letzteres kann durch das Nutzerverhalten beeinflusst werden. In Deutschland ist aufgrund der Witterung in Bürogebäuden bei geeigneter Bauweise und ausreichendem Sonnenschutz im Prinzip keine Klimatisierung notwendig.

Regelmäßige Wartung und Instandhaltung der Lüftungs- und Klimaanlage

In der Praxis werden Lüftungs- und Klimaanlagen weniger intensiv gewartet als Heizungsanlagen. Entsprechend hoch ist das Einsparpotenzial durch eine fachgerechte Wartung und Instandhaltung. Häufig wurden bei der ursprünglichen Planung höhere Außenluft- bzw. Luftwechselraten angenommen, als sie inzwischen notwendig sind. Dies sollte bei einer Anlagenprüfung ebenfalls kontrolliert werden. Wichtig ist die Kenntnis über die Mindestvolumenströme, die in Abhängigkeit von der Raumnutzung in der DIN 1946 Teil 2, der DIN 18017 Teil 3 und der Arbeitsstättenrichtlinie angegeben sind.

Häufig schließen die Lüftungsklappen nicht mehr richtig, und kalte Außenluft dringt in das Gebäude ein. Manchmal sind die Zu- oder Abluftkanäle zugestellt, teilweise verstopft oder gar zugemauert.

In einigen Gebäuden werden Lüftungsanlagen aber auch Luftheizungen nicht mehr genutzt, da die statischen Heizkörper wegen verbesserter Wärmedämmung des Gebäudes ausreichen oder sich die Nutzung geändert hat. In diesem Fall ist es wichtig, die Lüftungsschächte abzudichten, so dass es nicht zu einer dauerhaften Zwangsbelüftung kommt. Bei Luftheizungen sollte kontrolliert werden, ob die Heizkreise für die Lufterhitzer noch in Betrieb sind. Ist dies der Fall, sollten sie schnellstens stillgelegt und entleert (Frostgefahr) werden.

Wartung und Instandhaltung werden in der Regel von Fremdfirmen durchgeführt.

Bedarfsgerechter Betrieb der Lüftungs- und Klimaanlage

Der Betrieb der Klima- und Lüftungsanlage sollte auf die Nutzungszeiten abgestimmt sein. Dient die Klimaanlage in erster Linie dazu, die Innentemperaturen zu senken, kann die Anlage bereits ein bis zwei Stunden vor Nutzungsende abgeschaltet werden. Anders ist dies z. B. in Versammlungsstätten, EDV-Zentralen, Küchen etc., in denen entweder eine hohe Mindestluftwechselrate notwendig ist, hohe Schadstoffkonzentrationen anfallen oder bestimmte Temperaturbereiche eingehalten werden müssen.

Viele Ventilatoren sind mehrstufig, laufen aber unnötigerweise auf der höchsten Stufe. Manche Anlagen, vorzugsweise ältere, sind überdimensioniert. Dann ist oft ein Betrieb in der untersten Stufe möglich. Dabei führt eine Verringerung des Vo-

lumenstromes um 50 % zu einer Verringerung der Leistungsaufnahme des Lüfters um 75 % (Specht 1998). Mit dieser Maßnahme sind somit Einsparungen von bis zu 70 % bezogen auf den Stromverbrauch der Lüftung möglich.

Verfügt die Klimaanlage über die Möglichkeit des Umluftbetriebes, so sollte dieser so lange wie möglich genutzt werden. Dies gilt besonders in der Aufheiz- und Abkühlungsphase vor Nutzungsbeginn. Eine Ausnahme bilden Anlagen mit Wärmerückgewinnung.

Gute Einsparmöglichkeiten bietet die Nachtlüftung. Dabei wird das Gebäude während der Nachtstunden mit hoher Luftwechselrate belüftet, aber nicht klimatisiert. Dadurch wird das gesamte Gebäude ausgekühlt und wirkt so als Kältespeicher. Durch die niedrigen Temperaturen der Umgebungsflächen liegt die Empfindungstemperatur der Nutzer in den ersten Stunden unter der Raumtemperatur. Dadurch muss, wenn überhaupt, erst viel später am Tag die Klimaanlage in Betrieb genommen werden. Je nach Qualität und Zustand der Anlage erhöht der verminderte Betrieb das Wohlbefinden der Nutzer.

So wurde etwa in einer Sporthalle nach der Modernisierung der Regelung der Heizung und der Luftheizung mit Gebäudeleittechnik die Luftheizung nur noch in Stufe 1, statt in Stufe 2 betrieben. Es wurden Einsparpotenziale von 20 % beim Strom- und 49 % beim Heizenergieverbrauch erzielt (Daniels 1995).

Aufgrund von Personalabbau und Umstrukturierungen werden viele Betriebskantinen von weniger Personen besucht als zum Zeitpunkt des Neubaues. Manchmal sind auch die Küchen stillgelegt worden, und das Essen wird von einem Cateringservice geliefert. Dies führt zu einer drastischen Reduzierung des Lüftungs- und Klimatisierungsbedarfs, der aber häufig nicht realisiert wird, weil der Betrieb nicht angepasst wird. Entsprechend hoch dürfte das Einsparpotenzial sein.

Der Aufwand der Einzelmaßnahmen ist unterschiedlich, aber nicht sehr hoch. Vielfach traut sich der Hausmeister oder das technische Personal nicht, die Anlage zu optimieren, da erfahrungsgemäß nur wenige mit der Technik vertraut sind. Dieses Wissensdefizit sollte durch Schulungen beseitigt werden.

Handelt es sich um eine sehr alte Anlage, so haben die Ventilatoren nur eine Betriebsstufe. Bei neuen Anlagen wird die Drehzahl der Ventilatoren je nach Bedarf über Frequenzumrichter gesteuert.

Durch den weiteren Ausbau von Gebäudeleittechnik gibt es mehr und differenziertere Steuermöglichkeiten auch für Lüftungs- und Klimaanlagen. Häufig können die Einstellungen an einem zentralen PC vorgenommen werden. Abweichungen, z. B. in den Nutzungszeiten, können so einfacher berücksichtigt werden. Trotzdem sollte

regelmäßig geprüft werden, ob die eingestellten Parameter noch dem Bedarf entsprechen.

Optimierung der Betriebstemperatur

In vielen Fällen reicht es aus, die Klimaanlage z. B. in Büros erst bei 28 °C, statt bei 26 °C anzuschalten. Auch in EDV-Zentralen nimmt die Technik keinen Schaden, wenn die Raumtemperatur von 22 °C auf 26 °C erhöht wird. Zur Sicherheit kann eine Rücksprache mit den Herstellern erfolgen. Untersuchungen in der Schweiz haben ergeben, dass bei einer Erhöhung der Raumtemperatur von 4 K die Rechnerverfügbarkeit nur um 0,1 % abnahm. Demgegenüber wurde 25 % des Strombedarfes eingespart (Humm/Jehle 1996).

Diese Maßnahme lässt sich nach Abstimmung mit den beteiligten Mitarbeitern und der Geschäftsführung sehr einfach durchführen.

Um den Stromverbrauch von Computern zu minimieren, wird der Verbrauch der Computerbausteine minimiert. Dies wiederum führt zu weniger Abwärme. Das Einsparpotenzial sinkt, aber insgesamt kommt es zu weiteren Einsparungen durch die verminderte Klimatisierung. Dies dürfte auch bei anderen elektrischen Geräten der Fall sein.

Abwärmeerzeugende Geräte räumlich konzentrieren

Wenn mit der Regelung der Klimaanlage in einzelnen Räumen oder Bereichen unterschiedliche Temperaturen eingestellt werden können, ist es sinnvoll zu prüfen, inwieweit sich Geräte, die Abwärme produzieren wie z. B. Drucker, räumlich konzentrieren lassen. Idealerweise ist im Sommer eine Wärmeabfuhr direkt nach außen möglich.

Voraussetzung für diese Maßnahme ist ausreichender Platz, um die Geräte entsprechend gruppieren zu können, ohne dass Arbeitsabläufe erschwert werden. D. h., diese Maßnahme kann nur gemeinsam vom Fachpersonal und der Entscheidungsebene durchgeführt werden. Ein geringer Komfortverzicht ist akzeptabel. Bei Neubauten sind die Möglichkeiten, einzelne Bereiche separat zu regeln, eher gegeben als bei Altbauten.

2.1.3 Warmwasser

Die Bereitstellung von Warmwasser zu jeder Tag- und Nachtzeit geht in der Regel über den tatsächlichen Bedarf weit hinaus. In Ausnahmefällen handelt es sich um Serviceleistungen (z. B. 24-Stundenbetrieb im Hotel), die das ständige Warmwas-

serangebot rechtfertigen könnten. Aber auch hier gibt es einige Verhaltensmaßnahmen, die den Energieverbrauch durch Warmwasserbereitung vermindern.

Senkung der Warmwassertemperatur auf Solltemperatur 60 °C

Die Bezeichnung „Warm“wasser drückt aus, dass Temperaturen bis zum Siedepunkt beim Brauchwarmwasser unpassend sind. Empfohlen wird die Erhitzung des Wassers auf ca. 60 °C. Dies entspricht der vorgeschriebenen Temperatur (Technische Regel W 552 DVGW) am Austritt des Erhitzers, mit der die Vermehrung von Legionellen ausgeschlossen ist (optimale Vermehrungstemperatur 35–42 °C). Diese Anforderung muss vor allem bei der Nutzung von Duschen und bei klimatisierten Räumen erfüllt sein. Eine Erhitzung darüber hinaus ist nicht notwendig.

Ziel der Temperaturbegrenzung ist die Reduktion auf das den Bedürfnissen gerade noch entsprechende Niveau. Der Betreiber senkt die Temperatur Schritt für Schritt ab. Die Maßnahme ist also einmalig, aber über einen längeren Zeitraum durchzuführen. Dem Nutzer entsteht dabei kein Aufwand.

Einsatz von Zeitschaltuhren

Sind die Nutzungszeiten von Räumen oder Gebäuden mit Warmwasseranschlüssen bekannt, kann mit Zeitschaltuhren die Bereitstellung zeitlich eingrenzt werden. Bei Abweichungen in den Nutzungszeiten muss die Zeitschaltuhr entweder kurzfristig neu eingestellt und auch wieder zurückstellt werden oder über den Zeitraum ganz außer Betrieb genommen werden. Treten Abweichungen häufig auf, ist ggf. auf diese Form der Regulierung zu verzichten. Werden Räume 24 Stunden lang oder unregelmäßig genutzt (z. B. Hotelzimmer), lassen sich Zeitschaltuhren nur mit großem Aufwand einsetzen.

Neben der Installation fällt auch die richtige Einstellung der Zeitschaltuhr in den Aufgabenbereich des Betreibers (Hausmeister oder technisches Personal). Die Einstellung sollte regelmäßig auf die Übereinstimmung mit den aktuellen Nutzungszeiten überprüft werden. Teilweise sind bereits Zeitschaltuhren installiert, aber nicht aktiviert oder auf falsche Betriebszeiten eingestellt. In diesen Fällen ist lediglich eine Nachregulierung notwendig.

Einsatz von Thermo-Stopp-Geräten

Das Problem der schlechten Zugänglichkeit von Untertischgeräten, die eine bedarfsgerechte Regelung unkomfortabel machen, erübrigt sich bei dem Einsatz von Fernsteuerungen. Bei den sogenannten Thermo-Stopp-Geräten wird das Erhitzen des Wassers per Tastendruck gestartet. Nach Erreichen der am Untertisch eingestellten Wassertemperatur unterbricht das Thermo-Stopp-Gerät die Spannungsver-

sorgung bis zur erneuten Betätigung des Tasters. Der Taster ist per Kabel mit dem Thermo-Stopp-Gerät verbunden und kann an einer bequem zugänglichen Stelle befestigt werden.

Die Einsparung gegenüber Geräten, die das Wasser ständig auf der eingestellten Temperatur halten, ist sehr groß, da sich die Betriebszeit auf die Minuten des einmaligen Aufheizens beschränkt. Die Anschaffung rentiert sich vor allem bei Warmwassergeräten, die nur selten zum Einsatz kommen.

Das Zusatzgerät wird einmalig zwischengeschaltet und der Taster an einer geeigneten Stelle befestigt, z. B. geklebt. Die Anschaffung und Montage wird vom Hausmeister oder dem technischen Personal vorgenommen. Die Anwendung erfolgt durch die Nutzer selbst. Sie müssen eine kurze Wartezeit in Kauf nehmen, bis das Wasser erhitzt ist. Man muss sie in einer kurzen Anweisung und evtl. durch einen Aufkleber auf die neue Technik aufmerksam machen.

Reduzierung der Durchflussmengen

Perlatoren an den Wasserhähnen vermindern den Durchfluss bis zur Hälfte (Lipinski 1993). Entsprechend groß ist die Energieeinsparung durch die Anwendung dieser Technik. Sie lassen sich nachträglich in Wasserhähne und zwischen Schlauch und Duschkopf montieren. Als Durchflussbegrenzer dienen auch Sparduschköpfe (ausgezeichnet mit dem Umweltzeichen RAL-ZU*43). Voraussetzung für die Anwendbarkeit von Durchflussbegrenzern ist, dass der Wasserspeicher mit einem genügend großen Druck arbeitet. Durchflussbegrenzer sollten einen Wasserdurchsatz von 6,5 bis 9 Litern (bei 3 bar Wasserdruck) haben. Aufgrund der geringen Anschaffungspreise amortisieren sich Perlatoren innerhalb weniger Monate.

Durchflussbegrenzer lassen sich ohne größeren Aufwand einbauen. Dies ist Aufgabe des Hausmeisters oder des technischen Personals. Dem Nutzer entsteht kein Aufwand und auch keine Komforteinschränkung. Lediglich beim Abfüllen von Wasser verlängert sich die Zeit des Abfüllens.

Thermoskanne statt Warmhalteplatte der Kaffeemaschine nutzen

Der Einsatz von Kaffeemaschinen ist generell die energetisch günstigste Art des Kaffeekochens. Als Gerät zum Warmhalten des Kaffees ist sie allerdings sehr ungünstig. Nach zwei Stunden hat die Warmhalteplatte die gleiche Menge oder noch mehr Strom verbraucht, als sie vorher für den gesamten Kochvorgang benötigt hat. Oft wird auch vergessen, die Platte nach dem Leeren der Kanne auszuschalten, oder ein Kaffeerest wird unnötigerweise über einen langen Zeitraum warmgehalten.

Thermoskannen dagegen halten Getränke ohne Energieverbrauch warm. Ideal sind Kaffeemaschinen, die direkt in Thermoskannen filtern, ansonsten kann der Kaffee nach dem Kochen in eine Thermoskanne umgefüllt werden.

Die Thermoskannen müssen angeschafft und die Anwender auf die Benutzung hingewiesen werden. Das Umfüllen ist als geringer Aufwand zu betrachten. Bei neuen Kaffeemaschinen sollte darauf geachtet werden, dass sie Thermoskannen haben.

2.1.4 Beleuchtung

„Licht aus = Energieeinsparung“ ist eine Tatsache, die Nutzer ohne weiteres nachvollziehen können. Trotzdem ist der Vorgang des Lichtausschaltens bei Nichtbedarf in der Praxis keine Selbstverständlichkeit. Mangelndes Verantwortungsgefühl, Unterschätzung des Einsparpotenzials oder Bedenken wegen einer möglichen Verkürzung der Lebensdauer einer Lampe verhindern, dass dieses Stromsparpotenzial ausgeschöpft wird. Im folgenden werden verschiedene Maßnahmen vorgestellt und diskutiert, die neben regelmäßigen Handlungsempfehlungen (Licht ausmachen) auch technische Lösungen, die sich durch Kleininvestitionen realisieren lassen, z. B. Einsatz von Energiesparlampen, berücksichtigen. Bei der Realisierung der empfohlenen Maßnahmen ist allerdings immer zu beachten, dass neben den technischen auch die physiologische und psychologischen Aspekte eine große Rolle spielen. Ob eine Beleuchtung vom Nutzer akzeptiert wird oder nicht, hängt sowohl von seiner Sehleistung als auch seinem Empfinden (z. B. Blendung oder Gefühl der Eingeschlossenheit) ab. Untersuchungen über das Auftreten von Gesundheitsstörungen in Abhängigkeit von der Beleuchtung erweitern das Feld der zu berücksichtigen Aspekte um die medizinische Komponente (Cakir 1997).

Die Relevanz der nachfolgend empfohlenen Maßnahmen hängt außerdem von der technischem Fortschritt in der Beleuchtungsindustrie ab. So befinden sich derzeit moderne Leuchtdioden auf dem Vormarsch die nach und nach konventionelle Lampen ersetzen könnten (Ziesenіß 1999). Die sehr kleinen Leuchtdioden zeichnen sich durch ihren geringen Energieverbrauch, eine extrem lange Lebensdauer von über 100.000 h, Dimmbarkeit und geringe Eigenerwärmung aus. Dass es inzwischen auch Leuchtdioden für weißes Licht gibt, hat das Anwendungsfeld diese Lampenart enorm vergrößert.

Ersetzen von Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen

Glühlampen können durch Kompakt-Leuchtstofflampen („Energiesparlampen“) mit Schraubsockel, also mit integriertem Vorschaltgerät (VG) ersetzt werden. Allein die geringere Leistungsaufnahme gegenüber Glühlampen bedeutet ein Einsparpotenzial von bis zu 80 %. Ein weiterer Einspareffekt ergibt sich durch die lange Lebensdauer von Kompakt-Leuchtstofflampen, da größere Wartungsintervalle und damit gerin-

gerer Personalbedarf aus dem Austausch resultieren. Es sollten vorrangig Lampen mit hoher Brenndauer ausgetauscht werden, da diese den größten Anteil am Stromverbrauch einnehmen. Die Beschaffungs- und Personalkosten für das Auswechseln der Lampen fallen häufig unter den Bereich „Betriebskosten“, so dass das Investitionsbudget unangetastet bleibt.

Die Vorteile der Kompakt-Leuchtstofflampe gegenüber der Glühlampe sind die vierfach größere Lichtausbeute [l m/W] (abgegebener Lichtstrom/zugeführter elektrischer Leistung) und eine deutlich höhere Lebensdauer (Glühlampe etwa 1.000 h, Kompaktleuchtstofflampe etwa 8.000-10.000 h). Bei Kompakt-Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) steigt die Lebensdauer sogar auf 12.000 h.

Das Lichtstromverhalten einer Kompakt-Leuchtstofflampe ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Die optimale Umgebungstemperatur ist abhängig vom Lampentyp. Sie liegt in der Regel zwischen 25 °C und 35 °C (Bremecker/Polle 1997). Es gibt aber auch Lampen für Außenbeleuchtung mit optimaler Umgebungstemperatur von 3 °C. Die Temperaturabhängigkeit ist Grund dafür, dass eine Lampe nicht direkt beim Einschalten den vollen Lichtstrom leistet, sondern erst mit dem Aufheizen der Umgebung in den ersten Minuten. Diese Tatsache muss Nutzern unbedingt vermittelt werden.

Die Farbwiedergabe ist gleich gut oder nur leicht schlechter als bei Glühlampen. (Zur Belastbarkeit mit Ein- und Ausschalten siehe die Beschreibung der Maßnahme „Selektives Zu- und Abschalten“.) Kompakt-Leuchtstofflampen mit integriertem VG lassen sich überwiegend nicht dimmen, so dass evtl. vorhandene Dimmer in der speziellen Beleuchtungsanlage entfernt werden müssten. Vereinzelt gibt es aber Produkte, die durch einen Dimmer zwischen Steckdose und Leuchte in mehren Helligkeitsstufen geregelt (Spannungsregelung) werden können (TEST 8, 1998).

Für den Austausch der Glühlampen durch Energiesparlampen entsteht in der Regel ein geringer Aufwand für den Hausmeister oder eine andere Person des technischen Personals. Der Anwender hat keinen Aufwand. Er sollte aber auf die Eigenschaften der neuen Lampen (z. B. die mögliche Zeitverzögerung, bis der volle Lichtstrom zu erwarten ist) hingewiesen werden. Bei der Maßnahme handelt es sich um eine einmalige Aktion. Der Austausch der Lampen kann im Rahmen der regelmäßigen Wartungen der Beleuchtung durchgeführt werden, so dass kein zusätzlicher Personalaufwand zu verzeichnen ist. Bei schwer zugänglichen Beleuchtungsanlagen mit einer großen Anzahl von Lampen sollte der Austausch auf jeden Fall in einem Zug erfolgen, um gleichmäßige Wartungsintervalle zu erhalten.

Ersetzen von herkömmlichen durch moderne Leuchtstofflampen

Alte Leuchtstofflampen mit einem Durchmesser von 36 mm haben eine ca. 10 % höhere Leistungsaufnahme als Lampen mit einem Durchmesser von 26 mm, gegenüber 16 mm-Lampen noch mehr. Aufgrund der gleichen Länge lassen sich 38 mm-Lampen fast immer durch 26 mm-Lampen ersetzen. Dabei sollten Dreibanden-Leuchtstofflampen zum Einsatz kommen, da diese eine höhere Lichtausbeute (ca. 30 %) und bessere Farbwiedergabeeigenschaften als Standard-Leuchtstofflampen haben. Die Lichtausbeute einer Leuchtstofflampe ist abhängig von Größe bzw. Nennleistung der Lampe. Je größer die Nennleistung, desto länger die Lampe und desto größer die Lichtausbeute. Daher sollten Langfeldleuchten bevorzugt werden.

Die Lebensdauer einer 26 mm-Lampe beträgt zwischen 8.000 und 12.000 Brennstunden. Die Abhängigkeit von der Schalthäufigkeit ist ähnlich derjenigen der Kompakt-Leuchtstofflampen. Leuchtstofflampen mit EVG haben eine Lebensdauer bis zu 15.000 h und zeigen sich deutlich unempfindlicher. Der Austausch von Vorschaltgeräten (EVG statt KVG) lässt sich aber nicht zu den Verhaltensmaßnahmen zählen, da Anschaffung und Montage über eine Kleininvestition hinausgehen.

Auf dem Lampenmarkt werden auch 7 mm- und 16 mm-Lampen angeboten. Sie haben ein höhere Lichtausbeute als andere Lampen bei gleicher Leistungsaufnahme (bis zu 104 lm/W), über 50 % höhere Lichtströme (in kleinen Leistungsbereichen) und eine Lebensdauer bis zu 16.000 h. Sie können aber nur bei EVG eingesetzt werden. Ein weiteres Problem ist, dass die Lampen mit dem geringen Durchmesser 50 mm kürzer sind als die 26 mm-Lampen und damit nicht in herkömmliche Leuchten passen.

Beim Einsatz von Leuchtstofflampen im Freien muss darauf geachtet werden, dass die Lampe auch für niedrige Temperaturen geeignet ist, da sonst nur ein Teil des Nennlichtstroms zur Verfügung steht. Es werden aber wärmeisolierte Leuchtengehäuse angeboten, die speziell für den Einsatz bei tiefen Temperaturen konstruiert sind. Mit dem Einsatz dieser speziellen Lampen kann der Energiebedarf für die Außenbeleuchtung um bis zu 10 % gesenkt werden (LICHT 1999).

Der Aufwand für den Austausch von Leuchtstofflampen ist ähnlich gering wie derjenige für den Austausch der Glühlampen; er kann ebenfalls durch das technische Personal ausgeführt werden. Sind Lampen in größeren Hallen, z. B. Sporthallen, auszutauschen, muss evtl. eine Spezialfirma beauftragt werden. Der Zeitpunkt des Wechsels sollte in diesem Fall mit dem Wartungszeitpunkt zusammenfallen, da in der Regel die Wartung auch von dieser Spezialfirma übernommen wird. Findet der Austausch bei Rasterleuchten statt, sollte überprüft werden, ob auch die Reinigung des Rasters notwendig ist (vgl. Maßnahme „Reflektoren und Lampen regelmäßig reinigen), und ggf. sollten beide Maßnahmen gekoppelt werden. Für die Anwender bedeutet der Austausch allein keinen Aufwand.

Die Leuchtenindustrie reagiert mit neuen, optisch ansprechenderen Modellen von Kompaktleuchtstofflampen auf die Ablehnung der Kunden. Damit wird den Nutzern der Umstieg deutlich erleichtert. Bei den Leuchtstofflampen ergibt sich der Umstieg auf 3-Banden-Leuchtstofflampen mit der Zeit automatisch, da Händler in der Regel nur noch diese Lampenklasse anbieten. In verschiedenen Sektoren werden noch vorhandene Lagerbestände einen schnellen Umstieg verzögern.

Anzahl der Lampen reduzieren bei Überschreiten des Helligkeitsrichtwerts

Ergibt die Messung der Beleuchtungsstärke eine Überschreitung der Nennbeleuchtungsstärke (DIN 5035), sollte die Anlage auf Überdimensionierung überprüft werden. Eine Überschreitung um 25 % liegt in dem Bereich des Planungsfaktors (1,25) der die Verminderung der Beleuchtungsstärke durch Alterung und Verschmutzung der Beleuchtungsanlage ausgleichen soll. Er basiert auf den technischen Daten der 26 mm- und 36 mm-Lampen. Bei neueren Lampen und ohne besondere Verschmutzung kann der Faktor auf 1,15 bis 1,20 reduziert werden.

Eine Überdimensionierung kann entweder durch eine Regelungsanlage (Dimmer), durch geschicktes Austauschen von Lampen oder durch die Entfernung von gänzlich überflüssigen Lampen behoben werden. Dabei ist die Reduzierung der Lampenzahl die effizienteste Lösung, da sie keiner Investition bedarf und mit relativ geringem Aufwand durchzuführen ist. Je nach Alter können die überflüssigen Lampen als Ersatzlampen wieder zum Einsatz kommen.

Ein Austausch von Lampen bietet sich an, wenn mehrere Lampen mit geringer Leistung gegen weniger Lampen höherer Leistung ausgetauscht werden, da diese eine höhere Lichtausbeute haben. Die Behebung einer Überdimensionierung mit Hilfe eines Dimmers ist die energetisch gesehen ungünstigste Lösung, da der Lichtstrom prozentual stärker abnimmt als die heruntergeregelte aufgenommene Leistung, z. B. entsprechen -20 % aufgenommene Leistung -23 % Lichtstrom (IMPULS Programm Hessen).

Durch eine Messphase, die vor der Lampenreduzierung notwendig ist, gestaltet sich die Gesamtmaßnahme aufwendiger. Die Messung mit den Luxmetern kann durch technisches Personal durchgeführt werden. Um das Interesse der Anwender zu wecken, ist ihre Beteiligung bei der Messung an ihrem Arbeitsplatz in Erwägung zu ziehen. Dies ist vor allem dann notwendig, wenn nicht eindeutig klar ist, welche Arbeiten an welchem Ort durchgeführt werden, so dass die Hinweise des Anwenders benötigt werden. Für den Vergleich der Messwerte müssen die aktuellen Richtlinien vorliegen. Die Herausnahme der überflüssigen Lampen übernimmt wiederum die für die Beleuchtung zuständige Person, z. B. der Hausmeister.

Selektives Zu- und Abschalten der Beleuchtung (ohne Zusatzgeräte)

Laut einer Umfrage in Deutschland (Humm/Jehle 1996) schaltet die Mehrzahl der Benutzer bei Betreten des Arbeitsplatzes das Licht ein, unabhängig von der Menge des Tageslichtes. Die Möglichkeit des getrennten Schaltens einzelner Lichtbänder wird von den Nutzern kaum angenommen, da es in der Regel keine eindeutige Zuordnung der Schalter zu den einzelnen Lichtreihen gibt. Der Versuch an einer Schule (Beyer 1998) zeigt aber, dass durch bedarfsgerechte Nutzung der künstlichen Beleuchtung bis zu 20 % des Stromverbrauchs eingespart werden kann.

Zum selektiven An- und Ausschalten des Beleuchtungsangebots gehört auch die Nutzung von getrennten Schaltern für verschiedene Lichtreihen. Die Beschriftung von Schaltern verhindert, dass das Schalten zu einem „Roulettespiel" wird und damit die Lampen unnötig belastet werden. Eine Umrüstung von Einzelschaltern zu getrennten Schaltern, wenn mehrere Leuchten über einen Schalter bedient werden, bedeutet einen zu großen Aufwand und Investitionen, wenn die Anschlüsse nicht getrennt an der Schaltbuchse vorliegen. Sie ist dann nicht zu den Verhaltensmaßnahmen zu zählen.

Gezielte Arbeitsplatzbeleuchtung nutzen

Sind am Arbeitsplatz sowohl eine Einzelplatzbeleuchtung (z. B. Schreibtischlampe) als auch eine Beleuchtungsanlage für den Gesamtraum (z. B. Deckenleuchte) vorhanden, so sollte vermieden werden, dass beide Anlagen gleichzeitig genutzt werden. Ist die Einzelplatzbeleuchtung für den Arbeitsvorgang ausreichend, sollte sie vorgezogen werden, da sie in der Regel die geringere Leistungsaufnahme verzeichnen. Führt das Licht der Schreibtischleuchte zur Ermüdung, sollte überprüft werden, ob die Lampe für eine ausreichende Beleuchtungsstärke sorgt oder ob evtl. der Helligkeitsunterschied zwischen Schreibtisch und Umgebung zu groß ist. Im zweiten Fall würde die Schreibtischlampe nur in der Dämmerung zum Einsatz kommen.

Bei mehreren Einzelplätzen in einem Raum sollte überprüft werden, ob die Summe der Einzelplatzbeleuchtungen im Vergleich zur Gesamtraumbeleuchtung günstiger ausfällt oder nicht.

Entscheidet der Anwender selbst über die Art der Beleuchtung an seinem Arbeitsplatz, so ist er bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahme gefragt. Entscheidend sind sein Helligkeitsempfinden und seine Aufmerksamkeit. Das selektive Zu- und Abschalten selbst bedeutet nur einen geringen Aufwand. Eine für die Beleuchtung zuständige Person kann lediglich Unterstützung beim Ablesen der Nennleistungen geben, falls beim Anwender Unsicherheit besteht, welches Verhalten das richtige ist, oder wenn die Angaben an den Lampen nicht ohne weiteres abzulesen sind.

Beleuchtung in nicht genutzten Räumen ausschalten

Beim Verlassen eines Raumes für eine längere Zeit (Empfehlung: ab 15 min) sollte das Licht gelöscht werden. Bei Lampen mit elektronischem Vorschaltgerät mit Warmstart-Funktion ist das Ausschalten auch für kürzere Pausen effektiv. Besonders entscheidend ist das Lichtausschalten nach Beendigung der Arbeit, da der Zeitraum zwischen Verlassen des Raumes und Ausschalten der Beleuchtung, z. B. durch Reinigungspersonal oder Hausmeister, mehrere Stunden betragen kann.

Die Qualität der Beleuchtungsmittel ist inzwischen so hoch, dass sich häufiges Schalten nicht mehr so negativ auf die Lebensdauer auswirkt, dass von der Maßnahme „Ausschalten" abgeraten werden muss. Lediglich bei Kompaktleuchtstofflampen mit KVG kann im ungünstigsten Fall die Verkürzung der Lebensdauer durch häufiges Schalten den Stromeinspareffekt durch die Verkürzung der Brenndauer aufheben.

Die Maßnahme ist mit geringem Aufwand direkt vom Anwender durchzuführen. Sie erfordert lediglich seine Aufmerksamkeit. Auch wenn die Räume mit energiesparender Beleuchtung ausgestattet sind, ist das Abschalten der Beleuchtung immer noch die wirksamste Methode. Vor dem Ausschalten sollte man sich allerdings versichern, ob nicht doch noch jemand im Raum ist. In manchen Räumen, wie z. B. Toiletten, Archiven, Bibliotheken, lässt sich die Anwesenheit nicht immer nur mit einem Blick überprüfen.

Optimale Tageslichtnutzung

Die Nutzung des Tageslichtes am Arbeitsplatz beginnt mit einer tageslichtabhängigen Arbeitsplatzgestaltung. Unter der Berücksichtigung, dass der Tageslichteinfall durch Blendung oder Spiegelung nicht störend wirkt, sollte ein möglichst großer Anteil der Arbeitsplätze in der Tageslichtzone, d. h. bis ca. 4 m vom Fenster entfernt, mit einem Tageslichtquotienten von mehr als 3 % platziert sein.

Von Tageslichtnutzung kann nur die Rede sein, wenn das Kunstlicht bei genügender Innenbeleuchtungsstärke auch wirklich ausgeschaltet wird. So sollten Lichtreihen am Fenster nur bei Bedarf eingeschaltet werden, ebenso auch andere getrennt schaltbare Leuchten. Bei direktem Sonnenlichteinfall kann die richtige Jalousiestellung Blendung verhindern und trotzdem gleichzeitig für genügende Ausleuchtung des Raumes sorgen, wenn die Lamellen das Sonnenlicht an die Raumdecke reflektieren. Voraussetzung dafür ist, dass sich die Jalousien getrennt, oder für eine Fensterfront gekoppelt, nachregeln lassen. Dass wegen einer Beschattung das Licht angemacht werden muss, sollte vermieden werden.

Die Reduzierung der Beschattung zu Gunsten des Tageslichteinfalls konkurriert in Sommermonaten mit Maßnahmen zur Raumkühlung. Hier wird immer ein Kompromiss gefunden werden müssen.

Ist die Tageslichtnutzung bei der Planung der Arbeitsplatzgestaltung nur ungenügend berücksichtigt worden, sollten Verantwortliche und Anwender zusammen eine Umgestaltung überlegen. Hauptaufwand ist hierbei die Abstimmung von Tageslichtnutzung mit technischen Voraussetzungen (Strom- und Telefonanschlüsse, Raumaufteilung etc.). Die Ansprüche der Anwender müssen unbedingt berücksichtigt werden. Eine Umgestaltung kann von den Nutzern selbst mit Unterstützung des technischen Personals durchgeführt werden.

Beim Einsatz von Jalousien zur Abschattung ist es nur ein sehr geringer Aufwand für den Anwender, darauf zu achten, dass so viel Tageslicht wie möglich in den Raum fällt, ohne dass er vom direkten Sonnenlicht geblendet wird.

In Großraumbüros ist die Tageslichtnutzung wesentlich schwieriger zu bewerkstelligen als in Einzelbüros. Auch der Trend zu immer mehr Bildschirmarbeitsplätzen führt dazu, dass verstärkt künstliches Licht zum Einsatz kommt, da direktes Tageslicht häufig als unangenehm bei der Bildschirmarbeit beurteilt und daher vermieden wird.

Helligkeitsregelungen anwenden – Einsatz von Zusatzgeräten

Dank zahlreicher Zusatzgeräte brauchen Anwender nicht nur zwischen den zwei Zuständen „An“ oder „Aus“ ihrer Beleuchtungsanlage wählen. Sie können den Lichtstrom genau auf ihren Bedarf abstimmen. Einige Geräte übernehmen dabei die gesamte Steuerung inklusive Zu- und Abschaltung, so dass dem Anwender höchstens noch die regelmäßige Kontrolle der Geräte als Aufwand bleibt.

Helligkeitsregelung durch Dimmen

Glühlampen und Niedervolt-Halogenglühlampen sind dimmbar. Bei Leuchten, die über ein Kabel an die Steckdose angeschlossen sind, kann ein Dimmer zwischengeschaltet werden. Bei direkt angeschlossenen Leuchten, die per Wandschalter bedient werden, können normale Kippschalter durch Dimmer ersetzt werden. In beiden Fällen handelt es sich um primärseitige Dimmer. Keine Stromeinsparung bringen sekundärseitige, in die Leuchte integrierte Dimmer, da hierbei Transformator und Schalter trotz Dimmen unter Dauerlast stehen.

Kompakt-Leuchtstofflampen mit integriertem VG sind bis auf wenige Ausnahmen (TEST 8 1998) nicht dimmbar . Kompakt-Leuchtstofflampen ohne integriertes VG sind nur dann dimmbar, wenn sie mit elektronischen VG betrieben werden (Zusatz

„EL“ oder „E“), die dimmbar sind. Gleiches gilt für Leuchtstofflampen. Tabelle 2.1-6 fasst die Zusammenhänge zwischen Lampentyp und Dimmbarkeit zusammen.

Liegt das erforderliche Beleuchtungsniveau weit unter dem installierten Niveau, sollte nicht dauerhaft gedimmt, sondern zuerst die installierte Leistung reduziert werden. Sind in der bestehenden Beleuchtungsanlage Glühlampen im Einsatz, so ist der Austausch durch Energiesparlampen dem Einbau eines Dimmers vorzuziehen, wenn das Dimmen rein als Energiesparmaßnahme gedacht ist.

Tabelle 2.1-6: Dimmbarkeit verschiedener Lampentypen

Lampe	**Vorschaltgerät**	**Dimmbarkeit**
Glühlampe	–	dimmbar
Niedervolt-Halogenglühlampe	–	dimmbar
Kompakt-Leuchtstofflampen (LL)	VG integriert	nur in wenigen Ausnahmen dimmbar
	VG extra	nur Lampen mit Zusatz „EL“ oder „E“ zusammen mit einem dimmbaren EVG (1–100 % Lichtstrom)
LL* (16, 26, 36 mm)	KVG	nicht dimmbar
LL (16, 26, 36 mm)	VVG	nicht dimmbar
LL (16, 26, 36 mm)	EVG	nur mit dimmbaren EVG (1–100 % Lichtstrom)
* LL = Leuchtstofflampen		

Der Einbau eines Dimmers ist eine einmalige Maßnahme und mit einem mittleren Aufwand für den Hausmeister oder Fachpersonal für elektrotechnische Maßnahmen zu erledigen. Es entsteht ein zusätzlicher Aufwand durch die Beschaffung des Dimmers. Die Arbeit muss zu einem Zeitpunkt stattfinden, zu dem das Abstellen des Stroms in der betroffenen Leitung möglich ist.

Sowohl bei den Kompaktleuchtstofflampen als auch bei den normalen Leuchtstofflampen geht der Trend zum Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten. Allerdings werden diese nicht alle dimmbar sein, so dass sich die Maßnahme „Helligkeitsregelung durch Dimmen“ weiterhin auf bestimmte Lampenprodukte beschränkt.

Der Einsatz von Funkdimmern macht den Dimmvorgang komfortabler. Die Helligkeitsregelung wird vom Nutzer per Fernbedienung vorgenommen. Mit dem selben Zusatzgerät werden sich immer mehr elektrische Geräte zentral regeln lassen. Die Preise für Sensoren werden insgesamt sinken, so dass sich die Geräte schneller amortisieren werden.

Gesteuertes Zu- und Abschalten der Beleuchtung

Das manuelle Zu- und Abschalten der Beleuchtung kann auch durch den Einsatz von Zusatzgeräten ersetzt werden: Bewegungsmelder, Präsenzmelder, Dämmerungsschalter, Treppenhausautomatik, Zeitschaltuhren. Sie kommen in wenig oder sehr unterschiedlich frequentierten Räumen zum Einsatz, wie z. B. Toiletten, Fluren, Treppen, Lagerräumen, Besprechungsräumen u. ä. Außerdem eignen sie sich für die bedarfsabhängige Regelung der Außenbeleuchtung.

Bewegungsmelder und Präsenzmelder registrieren die Anwesenheit oder Abwesenheit von Personen im Überwachungsgebiet mit Hilfe eines Infrarot-Sensors. Präsenzmelder besitzen eine höhere Empfindlichkeit als Bewegungsmelder und erkennen so auch Personen bei sitzender Tätigkeit. Wird in einer bestimmten Zeit (Nachlaufzeit) keine Bewegung registriert, so schalten die Melder die Beleuchtungsanlage ab. Die Länge der Nachlaufzeit wird durch das Bewegungsverhalten der Personen bestimmt und laufend nachgeregelt (adaptive Nachlaufzeit). Werden Leuchtstoff- und Kompakt-Leuchtstofflampen mit Bewegungsmeldern kombiniert, müssen sie zur erhöhten Schaltfestigkeit mit Warmstart-EVG betrieben werden (Fördergemeinschaft Gutes Licht 1996).

Dämmerungsschalter schalten bei Unter- und Überschreitung einer bestimmten Helligkeitsstufe entweder direkt die Beleuchtung oder aber die Regelungstechnik ein und aus. Damit wird verhindert, dass z. B. der Bewegungsmelder auch im Hellen arbeitet. Einen ähnlichen Zweck verfolgen Zeitschaltuhren, die sich für nur zeitweise stärker frequentierte Beleuchtungszonen eignen. Mit ihnen wird für fest eingestellte Nutzungszeiten die Beleuchtungsanlage oder die Steuerung der Beleuchtungsanlage aktiviert. Für eine Beleuchtung außerhalb dieser Zeiten muss die Zeitschaltuhr ausgeschaltet werden.

Eine vierte Variante der Beleuchtungssteuerung stellt die sogenannte Treppenhausautomatik dar. Bei manuellem Einschalten der Beleuchtung wird gleichzeitig ein Zeitrelais aktiviert, das nach Ablauf der eingestellten Zeit die Beleuchtung wieder ausschaltet. Diese Elektronik wird hauptsächlich in Treppenhäusern eingesetzt und trägt daher den Namen „Treppenhausautomatik“. Sie findet außerdem Anwendung in Garagen, Lagerräumen etc. Die Nachlaufzeit sollte nicht zu kurz eingestellt sein, da dann ein zweiter Schaltvorgang notwendig werden könnte, der die Beleuchtungsanlage mehr belastet als eine längere Brennzeit.

Kann zu bestimmten Zeiten auf eine Vollbeleuchtung oder auf die Beleuchtung überhaupt verzichtet werden, so sollten Lampen für die Außenbeleuchtung per Zeitschaltuhr ausgeschaltet werden. Muss eine Teilbeleuchtung bestehen bleiben (Sicherheitsanforderungen), sind für das teilweise Abschalten getrennte Schaltkreise notwendig. Bei Plätzen und Wegen mit diesen Anforderungen kommen auch Dämmerungsschalter und Bewegungsmelder zum Einsatz.

Zusatzgeräte wie Bewegungsmelder oder Dämmerungsschalter verbrauchen selbst auch Strom, um im Bereitschaftsmodus zu stehen. Diese Leistung liegt bei ca. 3 W. Bei Lampen mit geringer Leistung macht der Einsatz von solchen Zusatzgeräten wenig Sinn, da der Stromverbrauch des Zusatzgerätes die Einsparung tilgt oder übersteigt.

Bei der Abschätzung des Aufwandes muss zwischen Beschaffung und Installation einerseits und dem späteren Betrieb der Steuerung andererseits unterschieden werden. Installation und optimale Einstellung der Geräte bedeuten einen mittleren Aufwand, dem auch die Ermittlung des richtigen Platzes und des Benutzungsprofils zugerechnet werden muss. Hausinternes Personal bringt diese Erfahrungen mit. Beim zukünftigen Betrieb muss in regelmäßigen Abständen die Funktion überprüft und je nach Gerät auch die Einstellung nachreguliert werden, z. B. die Anpassung von Zeitschaltuhren an Jahreszeiten. Dazu sollten auch die Erfahrungen der Nutzer herangezogen werden.

Reflektoren und Lampen regelmäßig reinigen

Staub oder andere Schmutzpartikel, die sich auf Lampen und Reflektoren absetzen, führen zu einem Rückgang des Lichtstroms. Dieser verstärkt die ohnehin auftretende Minderung des Lichtstroms mit zunehmendem Alter der Lampe. Die Auswirkung der Verschmutzung auf den Stromverbrauch ist abhängig von der Beleuchtungsführung (manuell oder gesteuert). Bei manuell geführter Beleuchtung sinkt nur die Beleuchtungsstärke, bei kontinuierlicher Regelung führt die Nachregelung zu einem direkten Anstieg des Energieverbrauchs. Aber auch bei manueller Schaltung ist ein erhöhter Energieverbrauch Folge der Verschmutzung, da evtl. mehr Leuchten zur Ausleuchtung der Räume zugeschaltet werden als bei regelmäßiger Wartung nötig.

Das Reinigen von Lampen und Leuchten fällt ebenso unter den Bereich „Wartung“ wie der Austausch von Lampen. Nach Arbeitsstättenverordnung und Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/3 „Künstliche Beleuchtung“ müssen Wartungen bereits dann erfolgen, wenn die Werte der Nennbeleuchtungsstärke am ungünstigsten Punkt unterschritten werden. Gemäß DIN gelten die 0,8-fache Nennbeleuchtungsstärke an den Arbeitsplätzen und das 0,6-fache am ungünstig beleuchteten Arbeitsplatz als Schwellenwerte, die nicht unterschritten werden dürfen.

Die regelmäßige Reinigung von Lampen und Rastern bringt bis zu 10 % Energieeinsparung und kann zusätzlich die Austauschintervalle verlängern.

Die Häufigkeit, mit der die Maßnahme durchgeführt werden muss, ist abhängig von der Schmutzentwicklung am Ort der Beleuchtung. Normalerweise sollte dies auch bei der Festlegung der Wartungsintervalle berücksichtigt worden sein.

Für die Reinigung von Rasterleuchten wird empfohlen, externes Fachpersonal einzusetzen. Die Reinigung einzelner Leuchten kann aber auch durch eigenes technisches Personal durchgeführt werden. Je nach Bauart und Erreichbarkeit der Leuchte ist der Aufwand als mittel bis groß einzustufen.

2.1.5 Bürogeräte

Untersuchungen aus Großbritannien belegen, dass ca. 20 % der Energiekosten von Bürogebäuden durch die Geräteausstattung (PC, Drucker, Fax etc.) ausgelöst werden. In Einzelfällen wurden Kostenanteile von bis zu 70 % erreicht. In den USA kann bei einem erhöhten Grundverbrauch für die Gebäudetechnik von einem Anteil von ca. 30 % ausgegangen werden *(1998)*.

Abbildung 2.1-1 benennt die Anteile der einzelnen Gerätegruppen am Energieverbrauch für Bürogeräte im Normalbetrieb: Der größte Verbrauchsanteil liegt bei den Computern und Kopiergeräten: Ca. 70 % des Energieverbrauchs für Bürogeräte werden für diese beiden Gerätegruppen verwendet.

Abbildung 2.1-1: Energieverbrauchsanteile bei Bürogeräten

Unter „Leerlauf“ wird der Zeitraum verstanden, in dem das Gerät angeschaltet ist, aber nicht genutzt wird. Damit werden vier verschiedene Gerätezustände zusammengefasst (Abbildung 2.1-2), die sich durch den Energieverbrauch eines Gerätes in diesen Zuständen unterscheiden. Stellt sich kein Sparmodus ein (oder wird ma-

nuell eingestellt), befindet sich das Gerät durchgehend in Betriebsbereitschaft und verbraucht weiterhin 100 %. Nur das Trennen vom Netz bewirkt, dass wirklich kein Strom verbraucht wird.

Abbildung 2.1-2: Definition der Gerätezustände

Stromverbrauch
Leerlauf
Normal-betrieb, Gerät erfüllt seinen Zweck
Betriebs-bereitschaft Gerät wartet auf eine Aufgabe
Stand-by Gerät wartet auf eine Aufgabe, Energie-verbrauch vermindert
Sleep-Mode nochmals verminderter Energie-verbrauch
Off-Mode Gerät scheint ausgeschaltet, benötigt aber Energie
Aus Kein Energie verbrauch

Der spezifische Energieverbrauch der Bürogeräte ist in den letzten Jahren zurückgegangen (bezogen auf den Verbrauch pro Gerät und auf den leistungsbezogenen Verbrauch), der absolute Energieverbrauch für diesen Sektor ist durch die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten und der besseren Ausstattung der Büros aber angestiegen. Mit der zunehmenden Verbreitung der Bürogeräte wächst auch der Stromverbrauch in diesem Gerätesektor. Eine Studie des UBA (Rath u. a. 1997) zeigt die Relevanz des Sektors Bürogeräte für die in Deutschland auftretenden Leerlaufverluste: Rund ein Drittel des durch Leerlaufverluste hervorgerufenen Stromverbrauchs in Deutschland wird durch die Telekommunikation und die Informationstechnik in Büros hervorgerufen. Zusammen mit den Leerlaufverlusten der privaten Haushalte für Büro- und Kommunikationstechnik steigt der Anteil auf über 38 %.

In Tabelle 2.1-7 ist ersichtlich, welche Fortschritte bei der Optimierung der Leerlaufverluste erzielt wurden. Sie zeigt den Energieverbrauch im Leerlaufzustand einiger Bürogeräte im Bestand, im Marktdurchschnitt und besonders effizienter Geräte (Rath u. a. 1997).

Tabelle 2.1-7: Energieverbrauch von Bürogeräten im Leerlauf

Gerät	Mittlere Leerlaufleistung [W]		
	Gerätebestand	Durchschnittl. Neugeräte	Effiziente Neugeräte
PC	100,0	35,0	2,5
Notebook	3,0	3,0	1,0
Laserdrucker	80,0	13,8	4,0
Tintenstrahldrucker	10,0	5,3	2,0
Thermotransferdrucker	20,0	12,0	5,0
Kopierer	222,0	180,0	80,0

Es wird deutlich, dass bereits im Moment der Kaufentscheidung ein wesentlicher Schritt zur Energieeinsparung bei Bürogeräten getan werden kann. Die Entscheidung für oder gegen ein effizientes Gerät bestimmt den Energieverbrauch im alltäglichen Betrieb für die nächsten drei bis fünf Jahre.

Die Auswahl von Geräten mit Blick auf einen geringen Energieverbrauch ist ein geringer organisatorischer Mehraufwand, der jedoch in vielen Fällen keine Mehrkosten hervorruft. Effiziente Geräte sind nicht zwangsläufig teurer als durchschnittliche Neugeräte mit vergleichbaren Leistungsmerkmalen. Daten zum tatsächlichen Energieverbrauch bei Bürogeräten sind in der Regel jedoch nicht leicht erhältlich. Angaben zur Leistungsaufnahme der Geräte in den verschiedenen Betriebszuständen fehlen häufig ganz oder sind nicht zuverlässig genug. So ist die auf den Typenschildern z. B. von PC-Netzteilen vermerkte elektrische Leistung meist viel zu hoch angegeben.

Informationen über effiziente Bürogeräte liefert z. B. die Gemeinschaft Energielabel Deutschland (GED 1999); Messwerte über den Stromverbrauch im Stand-by-Modus sind auf der Internetseite des Energy Star erhältlich (http://www.epa.gov/appdstar/esoe/database/pindex.htm).

Ein unnötig hoher Energieverbrauch von Bürogeräten ist nur das erste Glied in einer teuren Wirkungsgradkette. Die durch den Energieverbrauch entstehende Abwärme der Geräte muss mit einem hohen Energieaufwand und damit verbundenen Investitions- und Betriebskosten wieder aus dem Gebäude entfernt werden. Bürogeräte setzen bis zu 60 % der thermischen Belastung in Gebäuden frei. In vielen Fällen

kann durch die Auswahl energiesparender Bürotechnik auf eine Klimatisierung der Büroräume verzichtet werden. Eine genauere Untersuchung der Energiesparpotenziale bei Bürogeräten lohnt sich also auf jeden Fall.

Abschalten von Bürogeräten in Pausen und nach der Arbeitszeit

Abschalten ist die einfachste und kostengünstigste Methode, um den Stromverbrauch von Bürogeräten zu vermindern.
Abschalten sollte unterschieden werden in:

- Abschalten nach der Arbeitszeit
- Abschalten in Arbeitspausen innerhalb der Arbeitszeit, je nach Gerät ab einer absehbaren Pause von 10 Minuten.

Obwohl die erste Forderung an sich eine Selbstverständlichkeit darstellen sollte, laufen viele Bürogeräte auch nachts oder an Wochenenden und arbeitsfreien Tagen durch. Häufig sind dies Geräte, die nicht direkt im Einflussbereich eines einzelnen Mitarbeiters stehen (z. B. Kopierer und Drucker, die von einer Arbeitsgruppe genutzt werden) und für deren energiesparenden Betrieb sich somit niemand zuständig fühlt.

Nächtliche Kontrollgänge von Mitarbeitern des Bureau of Energy Conservation in San Francisco in den öffentlichen Büros der Stadtverwaltung ergaben, dass im Durchschnitt 30 % der PC auch nachts eingeschaltet waren, obwohl niemand an den Geräten arbeitete. In einzelnen Büros waren sogar bis zu 70 % der PC im „Dauerbetrieb“. Kontrollgänge in Büros, in denen die Mitarbeiter vorher eine kurze Information über die Auswirkungen der nächtlichen Betriebszeiten von Bürogeräten erhalten haben, sank die Rate der durchlaufenden PC auf ca. 20 bis 25 %. Permanente Hinweise und Informationsveranstaltungen zur Motivationserhaltung senkten die Quote der Dauerbetreiber auf ca. 10 bis 15 %. Gemeinschaftlich genutzte Drucker und Kopierer blieben ohne Informationsmaßnahmen laut Studie zwischen 70 und 100 % auch nachts eingeschaltet. Im Gegensatz dazu wurden in einem umweltfreundlich orientierten Büro nachts „nur“ ca. 30 % der Gemeinschaftsgeräte laufend vorgefunden (Picklum u. a. 1999).

Abschalten in Arbeitspausen während der Arbeitszeit erfordert eine konsequente Haltung der Gerätebenutzer hinsichtlich der Gerätebedienung und ist ohne ständige neue Motivationsanschübe nur schwer dauerhaft umsetzbar. Außerdem ist die Meinung weit verbreitet, dass häufiges Ein- und Ausschalten die Lebensdauer der Geräte wesentlich verkürzt. Dass dem nicht so ist, zeigt der Bericht des Schweizer Bundesamtes für Energie (Miteff/Birolini 1992), nach dem die von den Herstellern verwendeten Komponenten eine deutliche höhere Anzahl von Schaltzyklen zulässt, als dieses im Rahmen der üblichen Nutzungsdauer auch bei energiebewusstem Ein- und Ausschalten der Fall ist. So verträgt ein Arbeitsplatzcomputer bei einer ange-

nommenen Nutzungszeit von 5 Jahren durchschnittlich knapp 100 Schaltvorgänge pro Tag, ohne dass es – statistisch gesehen – zu einem Ausfall aufgrund der vielen Schaltvorgänge kommt.

Eine Studie des Büros für Energieeinsparung der Stadt San Francisco ergab, dass sich der Energieverbrauch durch Abschalten der Bürogeräte außerhalb der Arbeitszeit in vielen Fällen halbieren lässt. In Deutschland fällt die durch Abschalten erzielbare Einsparung, bedingt durch eine andere Arbeitszeiteinteilung, eher noch etwas höher aus. Tabelle 2.1-8 zeigt den Stromverbrauch von Bürogeräten ohne und mit Abschalten nach der Arbeitszeit.

Tabelle 2.1-8: Einsparpotenzial bei Bürogeräten durch Abschalten nach der Arbeitszeit

Gerät	**Gerät läuft 24 Stunden durch**	**Gerät wird nach der Arbeitszeit abgeschaltet**	
	Verbrauch	Verbrauch	Einsparung
	kWh pro Jahr pro Arbeitsplatz		
PC	177	97	45 %
Monitore	250	136	46 %
Drucker	93	42	55 %
Kopierer	63	48	24 %
Faxgeräte	8	nicht sinnvoll	
Mainframe Terminal	27	12	56 %

Quelle: Picklum u. a. 1999

Bürogeräte weisen aber auch innerhalb der normalen Arbeitszeit einen hohen Anteil an Leerlaufzeiten auf (Tabelle 2.1-9). So wird der Arbeitsplatzrechner ebenso wie der Arbeitsplatzdrucker nur zu 30 % der Arbeitszeit wirklich genutzt, 70 % der Zeit verbleiben die Geräte im Leerlauf. Bei PCs und Monitoren lässt sich der Verbrauch in den Leerlaufzeiten durch konsequentes Abschalten bei Nichtbenötigung (bei PCs ab ca. einer Stunde, bei Monitoren ab ca. 10 min) um 10 % bzw. um zwei Drittel senken. Kopiergeräte sind ca. 75 % der Arbeitszeit im Leerlauf. Sie schalten sich nach einem Kopiervorgang selbständig in den Stand-by-Zustand aus dem sie jederzeit direkt wieder kopierbereit sind. Wird eine Spartaste gedrückt, sinkt der Stromverbrauch noch einmal um 20 %. Die Modelle weisen aber auch dann noch einen Restenergiebedarf auf. Ein komplettes Abschalten während der Arbeitszeit wird trotzdem nicht als sinnvoll angesehen, da die Warmlaufphase beim Wiedereinschalten zu lang ist. Gleiches gilt für Drucker die von mehreren Personen genutzt werden. Auch hier ist das Abschalten in der Arbeitszeit nicht zu empfehlen. Faxgeräte weisen in der Regel ein Nutzungsprofil, bestehend aus 10 % Senden, 10 % Empfangen und 80 % Leerlauf auf. Im Gegensatz zu den meisten anderen Geräten

ist ein Abschalten der Faxgeräte außerhalb der Arbeitszeit oder in den Arbeitspausen nicht möglich, da Faxgeräte in ständiger Empfangsbereitschaft bleiben müssen (Impulsprogramm Hessen 1997). Tabelle 2.1-9 zeigt Nutzungs- und Leerlaufanteile (grau hinterlegt) einiger Bürogeräte während der Arbeitszeit und vergleicht die Anteile mit und ohne manuelles Abschalten (Annahmen: PC und Monitore schalten nicht von selbst auf einen Sparmodus; Drucker werden von mehreren Personen genutzt). Die Definition des Gerätezustandes und des Verbrauchs erfolgt nach Angaben im Impuls-Programm (1997) und eigenen Berechnungen.

Tabelle 2.1-9: Anteil des Stromverbrauchs und Nutzungsanteil von Bürogeräten in verschiedenen Betriebszuständen in der Arbeitszeit

	Gerät läuft durch			Gerät wird zeitweise abgeschaltet			
	Normalbetrieb	Betriebsbereitschaft	Stand-by	Normalbetrieb	Betriebsbereitschaft	Stand-by	Aus
	Verbrauch						
	100 %	100 %	33 %	100 %	100 %	33 %	0 %
Gerät	**Nutzungsanteil**						
PC	30 %	70 %		30 %	63 %		7 %
Monitor	30 %	70 %		30 %	23 %		47 %
Drucker	30 %		70 %	Abschalten in der Arbeitszeit nicht sinnvoll			
Kopierer	25 %		75 %				
Fax	20 %		80 %				

Aus dem Vorgang des Abschaltens selbst ergibt sich kein Aufwand. Die Zuständigkeit liegt allein bei den Mitarbeitern. Soll Abschalten aber zu einer Unternehmenskultur werden, sind einige Aktivitäten notwendig, die zu einer dauerhaften Motivation führen. Hierfür sind ein gesonderter Etat und Zeit vorzusehen. Verantwortlich für die Umsetzung wären dann Energiebeauftragte und EDV-Leiter in Zusammenarbeit mit der Unternehmensleitung.

Einfache Bildschirmschoner verwenden

Die meisten Betriebssysteme für PC verfügen über die Möglichkeit, einen Bildschirmschoner zu verwenden. Bei einem Bildschirmschoner handelt es sich um ein Softwaremodul, das die Eingaben über Tastatur und Maus überwacht. Erfolgt über eine voreinstellbare Zeit keine Eingabe über diese Geräte, blendet die Software ein Bild ein, das den Monitor vor dem „Einbrennen" schützen soll. (Einbrennen entsteht, wenn Monitore über einen langen Zeitraum hinweg das gleiche Bild anzeigen). Ursprünglich zeigten Bildschirmschoner ein einfaches, schwarzes Bild, inzwischen ist jedoch ein großer Teil der Bildschirmschoner mit einer aufwendigen,

größtenteils sogar animierten Grafik versehen. Dies führt insgesamt gesehen dazu, dass die Einsparpotenziale durch Verwendung eines Bildschirmschoners sehr gering sind. Dafür gibt es zwei Gründe:

- Monitore benötigen zur Darstellung heller Flächen mehr Energie als für dunkle Flächen.
- Der Prozessor muss für den (animierten) Bildschirmschoner Rechenarbeit leisten.

Animierte Bildschirmschoner führen bei einigen Betriebssystemen sogar zu einem erhöhten Energiebedarf. Unter Windows95 wurden bis zu 10 % mehr Energie benötigt. Windows NT, Version 4, spart bei Verwendung des gleichen Bildschirmschoners weniger als 5 % Energie ein.

Der EDV-Verantwortliche sollte die Mitarbeiter darauf aufmerksam machen, dass Bildschirmschoner zwar den Monitor vor Schäden schützen, aber insbesondere animierte Bildschirmschoner keinen Beitrag zur Energieeinsparung erbringen. Auf allen PC sollte ein einfacher, möglichst dunkler und kontrastarmer Bildschirmschoner eingerichtet werden. Sofern auf vorhandene Software zurückgegriffen wird, besteht kein finanzielle Aufwand. Der Zeitaufwand zur Einrichtung eines Bildschirmschoners ist zu vernachlässigen.

Powermanagement nutzen

Neuere Bürogeräte (PC, Scanner, Drucker, Kopierer, Monitore, Faxgeräte) verfügen über ein Powermanagement, mit dem sich Leerlaufverluste vermindern lassen. Für PC ist dabei das Vorhandensein eines modernen Betriebssystems Voraussetzung.

Das Powermanagement schaltet Funktionen, die im Leerlaufbetrieb nicht länger benötigt werden, nach einer (voreinstellbaren) Zeit ab und senkt somit den Stromverbrauch der Geräte. Um den Benutzern einen möglichst komfortablen Umgang mit den Geräten auch bei eingeschaltetem Powermanagement zu ermöglichen, werden einige Gerätetypen (z. B. Monitore und Kopierer) in einer mehrstufigen Abschaltphase nach und nach in einen „Schlafzustand" versetzt, bis letztendlich nur noch ein geringer Energiebedarf verbleibt, der notwendig ist, um das Gerät auf Anforderung wieder in den normalen Funktionszustand zu versetzen. Mit jeder Phase, die das Gerät in seinem Abschaltvorgang durchläuft, dauert allerdings auch der anschließende Aufwachvorgang länger. In der Regel stellt der Benutzer die zeitlichen Vorgaben für die verschiedenen Stufen mit Hilfe einer Benutzeroberfläche im Powermanagement selber ein.

Bei einigen Gerätetypen wie z. B. Kopiergeräten und Druckern funktioniert das Powermanagement sehr zuverlässig, so dass keine Argumente gegen seinen regelmäßigen Einsatz bestehen. Bei älteren Geräten wurde die Energiesparfunktion häu-

fig abgeschaltet, weil es zu längeren Wartezeiten kam, bis das Kopiergerät oder der Drucker wieder betriebsbereit waren. Insbesondere bei neuen Kopiergeräten ist die Wartezeit für die Aufheizung inzwischen stark vermindert worden, so dass die Akzeptanz der Benutzer steigt. Zusätzlich zum zeitgesteuerten Energiesparprogramm besitzen viele Kopierer eine „Energiespartaste“, mit dem sich das Gerät sofort in den Sleep-Modus versetzen lässt.

Schwierigkeiten bestehen indes noch immer im Einsatz des Powermanagements bei Computern. Anwender und EDV-Verantwortliche berichten immer wieder über PC, die den Stand-by-Modus nicht wieder beenden oder zumindest Teilfunktionen nach Beendigung der Stand-by-Phase nicht mehr richtig ausführen. Um mit dem PC weiterarbeiten zu können, muss das System neu gestartet werden. Arbeiten, die zwischenzeitlich nicht gespeichert wurden, sind dann verloren. Fehler dieser Art führen zu starken Bedenken hinsichtlich des Einsatzes eines Powermanagements in professionellen Arbeitsumgebungen. Insbesondere Systemverwalter mit einer großen Anzahl von zu betreuenden Anwendern weisen (zu recht) auf die auftretende, zusätzliche Arbeitsbelastung durch ein fehlerhaft arbeitendes Powermanagement hin.

Um das Powermanagement sicher und optimal einstellen zu können, ist eine Information der technischen Mitarbeiter unbedingt notwendig. Informationen zum Powermanagement und eine Checkliste zur Fehlerdiagnose sind z. B. auch in dem „User Guide to Power Management for PCs and Monitors“ (Nordman u. a. 1997) erhältlich.

Die Höhe des durch ein Powermanagement erschließbaren Einsparpotenzials, ist abhängig von

- der Konfiguration des PC (Energieverbrauch im Stand-by-Modus, Verwendung von Hardware, die mit dem Powermanagement kompatibel ist)
- der Konfiguration des Powermanagements (Zeitintervalle, einbezogene Geräte, Stand-by-Optionen)
- Höhe des Energieverbrauchs im Stand-by oder Sleep-Modus (abhängig von der Güte und vom Design der Hardware)
- der Akzeptanz des Benutzers.

In Erweiterung der im Abschnitt 1 („Abschalten“) beschriebenen Studie der Stadtverwaltung San Francisco ergab sich durch die Aktivierung des Powermanagements (progressiv konfiguriert) das in Tabelle 2.1-10 gezeigte Einsparpotenzial .

Die dargestellten technischen Einsparpotenziale durch Nutzung des Powermanagements ergeben sich durch Verwendung von Bürogeräten, die mit dem Energy-Star ausgezeichnet sind. Sie lassen sich noch weiter erhöhen, wenn bei der Geräteauswahl strengere Richtlinien (z. B. die des GEA-Labels) berücksichtigt werden.

Tabelle 2.1-10: Elektrischer Energieverbrauch von Bürogeräten ohne und mit Nutzung des Powermanagements

Gerät	Ohne Powermanagement	Mit Powermanagement (richtige Konfiguration)	
	Verbrauch	Verbrauch	Einsparung
	kWh/Jahr pro Arbeitsplatz		
PC	177	146	18 %
Monitore	250	179	28 %
Drucker	93	87	6 %
Kopierer	63	57	10 %
Faxgeräte	–*	8	–
Mainframe Terminal	27	nicht möglich**	–

* energiesparende Faxgeräte sind in der Voreinstellung richtig konfiguriert

** Mainframe Terminals haben kein Powermanagement

Quelle: Picklum u. a. 1999

Der Effekt der beiden Maßnahmen „Abschalten nach der Arbeitszeit“ und „Konfiguration“ zusammen ist kleiner als die rechnerische Summe, da ein motivierter Benutzer Funktionen des Powermanagements übernimmt und es somit zu Überlappungen kommt. Das resultierende Einsparpotenzial zeigt den Anteil der umsetzbaren Einsparpotenziale, der unter Berücksichtigung der örtlichen und persönlichen Gegebenheiten zu verwirklichen ist (Tabelle 2.1-11).

Tabelle 2.1-11: Einsparpotenzial pro Gerät durch Kombination von Abschalten nach der Arbeitszeit und Powermanagement

Gerät	Einsparung		
	nach der Arbeitszeit abgeschaltet	mit Powermanagement (richtige Konfiguration)	beide Maßnahmen zusammen
PC	45 %	18 %	51 %
Monitore	46 %	28 %	54 %
Drucker	55 %	6 %	56 %
Kopierer	24 %	10 %	24 %
Faxgeräte	nicht sinnvoll	–	0 %
Mainframe Terminal	56 %	–	56 %

Quelle: Picklum u. a. 1999

Um die optimale Konfiguration des Powermanagement eines PC herauszufinden, kann ein Zeitaufwand von einer bis zu drei Stunden erforderlich sein. Unter Umständen müssen die geänderten Einstellungen jeweils getestet und die Arbeitsfähigkeit des PC unter dem Powermanagement muss sichergestellt werden. Für die Einstellung des Powermanagements an weiteren PC muss dann etwa ein Zeitaufwand von 5–10 Minuten einkalkuliert werden. Bei einem Kostenaufwand von 120 DM/h entstehen somit Einrichtungskosten von ca. 20–30 DM/PC-Arbeitsplatz. Zusätzlich zur Einrichtung des Powermanagement ist eine kurze Einweisung der Benutzer unumgänglich. Vielfach werden sonst die Funktionen des Powermanagement als Fehlfunktion des Computers interpretiert.

Bei Anschaffung von neuen PC müssen die Einstellungen des Powermanagements jeweils geprüft werden. Sind die neuen PC mit neuen Hardware oder Betriebssystemerweiterungen ausgestattet, so ist unter Umständen eine erneute, längere Test- und Einrichtungsphase notwendig. Für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen lohnt es sich auf jeden Fall, beim Kauf von neuen Computern bereits festzulegen, wie das Powermanagement konfiguriert sein soll und dass die Konfiguration durch den Lieferanten vorzunehmen ist.

Die Einstellungen des Powermanagements bei Kopierern, Druckern, Scannern und ähnlichen Geräten sind in der Regel wesentlich unproblematischer. Einzustellen ist in der Regel nur die Zeitspanne, nach der das Gerät in den Stand-by – und (falls vorhanden) dann in den Sleep-Modus geschaltet werden soll.

Energieeffiziente Faxgeräte brauchen im allgemeinen nicht extra für einen energiesparenden Betrieb programmiert werden. In den Arbeitspausen schaltet das Gerät die nicht benötigten Funktionen ab. Durch die besonders hohen Leerlaufzeiten der Faxgeräte ist die sorgfältige Auswahl des Gerätes unter Energie- und Kostengesichtspunkten besonders wichtig. Ein sehr gutes Faxgerät benötigt nur noch 1 Watt elektrische Leistung im Stand-by-Modus. Bei einem ganzjährigen Betrieb ergeben sich für ein Faxgerät Leerlaufzeiten von ca. 7.000 Stunden pro Jahr. Wird statt des oben beschriebenen technisch sehr guten Gerätes ein durchschnittliches Gerät mit ca. 25 Watt Leistungsaufnahme im Stand-by beschafft, ergibt sich ein Jahresenergieverlust von 175 kWh statt 7 kWh beim sparsamsten Gerät.

Absehbare technische Entwicklung

Verbesserungen beim Powermanagement bei gleichzeitiger Verminderung des Stromverbrauchs im Stand-by- und im Sleep-Modus führen zukünftig zu erheblichen technischen Energieeinsparpotenzialen bei Bürogeräten.

Im Bereich der Desktop-Computer werden die vom mobilen Computer bekannten Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs übernommen. Somit kann der Stromverbrauch der PC um etwa 90 % gesenkt werden.

Ein großer Teil der Energieverluste im Leerlauf entstehen durch ineffiziente Netzteile der Geräte. Neue Entwicklungen, etwa der bereits verfügbare GreenChip, senken den elektrischen Leistungsbedarf von Bürogeräten im Leerlauf bis auf etwa 0,1 Watt.

Die Akzeptanz des Powermanagements wird für die Ausnutzung der Stromsparpotenziale zukünftig noch wichtiger. Technisch effizientere Bürogeräte können nur dann stromsparend arbeiten, wenn ihre Konfigurationsmöglichkeiten bekannt sind und auch genutzt werden.

Steckernetzteile vom Stromnetz trennen

Immer häufiger werden Geräte mit Steckernetzteilen angeboten, bei denen sich das Netzteil zur Spannungsumwandlung direkt im Netzstecker befindet. Für den Hersteller hat der Einsatz eine Reihe von Vorteilen:

- Die Anpassung an die verschiedenen Netzspannungen in einzelnen Ländern wird vereinfacht. Für den Export muss nur ein passendes Steckernetzteil beigepackt werden.
- Die Produktionskosten können vermindert werden, der „Netzschalter“ am Gerät kann kostengünstiger ausgelegt sein.
- Die eigentlichen Geräte werden kleiner und lassen sich freier gestalten.

Im Betrieb stellt der Einsatz von Steckernetzteilen allerdings ein Problem dar: Sie weisen auch bei ausgeschalteten Geräten einen Betriebsverlust auf, der bei den üblichen Bürogeräten mit einer Verlustleistung von ca. 4 Watt angenommen werden kann. Da die Anzahl der Bürogeräte, die mit einem Steckernetzteil ausgerüstet sind, ansteigt und die Verluste der Steckernetzteile ganzjährig auftreten, ist der dadurch entstehende Energieverbrauch nicht zu vernachlässigen.

Besonders komfortabel arbeiten „Master-Slave“-Steckdosenleisten. Nebenverbraucher („Slave“) wie z. B. Steckernetzteile werden automatisch mit dem Hauptverbraucher („Master“) abgeschaltet. Ein zusätzlicher Schaltvorgang an der Steckerleiste ist nicht mehr notwendig.

Bei angenommenen 220 Arbeitstagen pro Jahr, einer täglichen Arbeitszeit von 8,75 Stunden und einem Nutzungsfaktor von 30 % für ein Gerät gehen durch jedes dauerhaft am Stromnetz angeschlossene Steckernetzteil ca. 32,5 kWh/Jahr verloren. Bei einem Strompreis von 0,30 DM/kWh ergeben sich pro Jahr vermeidbare Stromkosten von 9,75 DM.

Energieverluste durch Steckernetzteile lassen sich im Büro wirkungsvoll durch Steckerleisten mit einem Netzschalter verhindern. Alle Geräte, die nach Arbeitsende

abgeschaltet oder deren Steckernetzteile vom Stromnetz getrennt werden sollen, werden auf eine Mehrfachsteckerleiste gesteckt und können so zentral mit einem Schalter bedient werden. Auf diese Weise lassen sich auch die Transformatoren von Halogenlampen vollständig vom Netz trennen.

Der Aufwand für die Maßnahme beschränkt sich auf die Beschaffung, Installation und Anwendung von Steckerleisten mit Kippschaltern. Es sollte eine kurze Einweisung der Mitarbeiter durch den EDV-Beauftragten oder durch das technische Personal erfolgen.

Energiespargeräte einsetzen (Zusatzgeräte)

Sollen ältere Geräte oder solche, die auch als Neugerät nicht mit Stand-by-Funktionen beschafft werden können, energieoptimiert betrieben werden, bietet sich der Einsatz von Energiespargeräten an. Sie überwachen den Zustand des abzuschaltenden Bürogerätes und trennen es nach einer einstellbaren Zeit vom Stromnetz, wenn erkannt wird, dass eine Leerlaufphase eingetreten ist. Energiespargeräte werden zwischen die Steckdose und den Netzstecker des Bürogerätes gesteckt. In einigen Fällen (z. B. bei Energiespargeräten für Monitore oder Faxgeräte) sind noch zusätzliche Anschlüsse für externe Signalgeber (z. B. Tastatur, Maus, Telefonleitung) vorhanden, mit deren Hilfe das Energiespargerät den Betriebszustand (Leerlauf oder Normalbetrieb) des Verbrauchers erkennen kann.

Zusätzliche Energiespargeräte können nicht mit allen Bürogeräten zusammenarbeiten. Es ist zu beachten, dass der abzuschaltende Verbraucher eventuell notwendige Einstellungen oder Informationen nicht in einem flüchtigen Speicher ablegt. Energiespargeräte trennen die Verbraucher vollständig vom Stromnetz, ein Videorekorder würde z. B. die im Stationsspeicher abgelegten Senderinformationen verlieren. Die Hersteller der zusätzlichen Energiespargeräte geben im Allg. ausführliche Hinweise, bei welchen Gerätetypen ein nachträglicher Einsatz der Energiespargeräte möglich ist.

Mögliche Einsatzfälle für Energiespargeräte sind:

- Computermonitore, die nicht über den PC in den Stand-by-Modus geschaltet werden können oder die über kein eigenes Powermanagement verfügen
- Computerarbeitsplätze, an denen das Powermanagement aus betrieblichen Gründen nicht aktiviert wurde
- Drucker, insbesondere solche mit hohen Leerlaufverlusten (z. B. Laserdrucker). Beim Einsatz von Energiespargeräten in einem Netzwerk muss die Funktionsfähigkeit von Fall zu Fall geprüft werden
- Kopierer
- Faxgeräte

- Fernsehgeräte
- Satellitengeräte
- Hifi-Anlagen.

In den Rechenbeispielen entsprechen die angegebenen elektrischen Leistungen der Geräte in Betriebsbereitschaft denen älterer Geräte, wie sie im Normalfall im Büro installiert sind. Für die Potenzialberechnungen gelten folgende allgemeine Angaben nach DIK (1999) und Tabelle 2.1-9. Abweichungen von diesen Angaben sind im folgenden Textabschnitt fett gesetzt.

Basisdaten für Bürogeräte:
Arbeitstage: 220/Jahr
Arbeitszeit: 8,75 Stunden/Tag (einschließlich 0,75 Stunden Pause)
Strompreis: 0,30 DM/kWh

Bei der zu vermeidenden Leerlaufzeit wurde berücksichtigt, dass die Spargeräte den Bereitschaftszustand für eine Weile abwarten und erst dann das Gerät vom Stromnetz trennen. Es kann also nicht der gesamte Leerlaufverlust aufgefangen werden.

a) Monitor
Zu vermeidende Leerlaufzeit: 5,25 Stunden, elektrische Leistungsaufnahme während der Betriebsbereitschaft: 80 Watt; elektrische Leistung für das Energiespargerät: 0 Watt.
Einsparpotenzial ca. 92 kWh pro Monitor und Jahr, d. h. ca. 28 DM/Jahr

b) Drucker
Zu vermeidende Leerlaufzeit: 5,25 Stunden; elektrische Leistungsaufnahme während der Betriebsbereitschaft: 110 Watt; el. Leistungsaufnahme für das Energiespargerät: 0,30 Watt.
Einsparpotenzial ca. 127 kWh pro Jahr und Drucker, d. h. ca. 38 DM/Jahr

c) Kopierer
Tägliche Leerlaufzeit: 6 Stunden, elektrische Leistungsaufnahme während der Betriebsbereitschaft: 220 Watt, 250 Nutzungstage pro Jahr (gemeinsame Nutzung)**,** el. Leistungsaufnahme für das Energiespargerät: 0,30 Watt.
Einsparpotenzial ca. 330 kWh pro Jahr und Kopierer, d. h. ca. 99 DM/Jahr

d) Faxgeräte
Tägliche Leerlaufzeit 19,2 Stunden, elektrische Leistungsaufnahme während der Betriebsbereitschaft: 25 Watt; 365 Nutzungstage pro Jahr, el. Leistungsaufnahme des Energiespargerätes: 0,50 Watt.
Einsparpotenzial ca. 276 kWh pro Jahr und Faxgerät; d. h. ca. 83 DM/Jahr

Vor der Installation der Spargeräte muss geprüft werden, ob die Funktionsweise des Bürogerätes durch den Einbau negativ beeinflusst wird (z. B. Datenverluste bei fehlender Zwischenspeicherung). Im Zweifelsfall geben Händler Auskunft. Installation und Konfiguration benötigen pro Gerät einen Zeitaufwand von ca. 10 bis 20 Minuten (einschließlich der Benutzereinweisung). Sie sollten vom EDV-Leiter oder von einer mit Energiefragen betrauten Person durchgeführt werden.

Energiespargeräte können zukünftig für noch mehr Gerätetypen eingesetzt werden. Ihr Einsatz wird damit überall dort energetisch sinnvoll und wirtschaftlich sein, wo Betriebsabläufe den Einsatz eines geräteinternen Powermanagement unmöglich machen oder ältere Geräte mit keinen oder ungenügenden Konfigurationsmöglichkeiten für den Energiesparmodus eingesetzt werden.

Schaltuhren einsetzen, Arbeitsorganisation (Netzwerk), Memo-Switch-Geräte

Vielfach können Bürogeräte über ein Netzwerk, das in den meisten Büros inzwischen ohnehin vorhanden ist, von mehreren Anwendern gemeinsam genutzt werden. So ist es sicher nur in den seltensten Fällen nötig, für jeden Mitarbeiter einen eigenen hochwertigen Laserdrucker anzuschaffen. Die gemeinsame Nutzung von Ressourcen bringt mehrere Vorteile mit sich:

- Die Investitionskosten sinken
- Die Betriebskosten für Wartung und Unterhalt sinken
- Es können speziellere Geräte angeschafft werden (z. B. Farbdrucker, Großformatdrucker), deren Anschaffung sich für einen einzelnen Arbeitsplatz nicht lohnt.

Wie bereits beschrieben, stellen gemeinschaftlich genutzte Geräte hinsichtlich des energieoptimierten Betriebes ein Problem dar. Niemand fühlt sich für das Gerät verantwortlich. Drucker, Kopierer usw. bleiben auch nach Feierabend eingeschaltet und verbrauchen unnötig Energie. Auch im Sleep-Modus benötigen Laserdrucker im Durchschnitt immerhin noch eine elektrische Leistung von ca. 22 Watt, große Farblaserdrucker sogar mehr als 30 Watt.

In vielen Fällen übernehmen inzwischen Computer die Funktionen von Faxgeräten: Ausgehende Faxsendungen werden zu günstigen Tarifzeiten versendet, der Computer empfängt nachts bzw. außerhalb der normalen Arbeitszeit Faxe. Zusätzlich zum Fax-Dienst bearbeiten Computer die E-Mail-Konten, tauschen mit anderen Netzwerken Daten aus und erlauben Mitarbeitern rund um die Uhr den Zugriff auf ihre Daten im Firmennetzwerk. Computer, die diese Dienste verwalten, sind in der Regel im Dauerbetrieb, um eine ständige Verfügbarkeit zu gewährleisten.

Um den Energieverbrauch zu minimieren, sollten die Kommunikationsdienste so weit wie möglich auf einem Computer, dem Kommunikationsserver im Netzwerk,

konzentriert werden. Alle anderen Netzwerkserver im Netzwerk sollten bedarfsgerecht hoch- und heruntergefahren werden. Diese Anforderung lässt sich im einfachsten Fall manuell durch den Systemverwalter erledigen, für den sich dadurch allerdings ein hohes Maß an zusätzlicher Arbeitsbelastung ergeben kann.

Um den Systemverwalter zu entlasten und eine automatisierte Abschaltung zu gewährleisten, kann ein Netzwerk auch so organisiert werden, dass die entsprechenden Geräte für jeden einzelnen Mitarbeiter durch die Arbeitszeiterfassung geschaltet werden. Ein Beispiel hierfür bietet das Schweizer Bundesamt für Energie in Bern. Im Rahmen eines Modellprojekts wurde an 30 Arbeitsplätzen und 4 Servern das automatische An- und Abschalten aller im Netzwerk vorhandenen Geräte erprobt. Dabei ergaben sich Einsparungen von

- 30 % für die Arbeitsstationen,
- 71 % für die Drucker und
- 54 % für die Server.

Insgesamt konnte der Energieverbrauch für das EDV-Netzwerk von 12.191 kWh/Jahr auf 6.503 kWh pro Jahr fast halbiert werden. Das entspricht einer Einsparung von 1.338 SFr. (BfE 1997).

Jeder Drucker, der auch nachts und an den Wochenenden eingeschaltet bleibt, verschwendet im Dauerbetrieb bis zu ca. 170 kWh elektrische Energie pro Jahr. Daher sollten beim Einsatz eines gemeinschaftlich genutzten Gerätes folgende Punkte beachtet werden:

- Verwendung einer Schaltuhr mit Programmierung der Wochentage, die nachts und an Wochenenden abschaltet,
- Benennung eines Verantwortlichen für das Gerät, der das Gerät abschaltet,
- regelmäßige Kontrolle des Gerätezustandes und evtl. der Schaltuhr,
- Visualisierung des Stromverbrauchs durch eigenen Zähler.

Zeitschaltuhren können auch zum Abschalten der Geräte in kurzen, aber periodisch wiederkehrenden Arbeitspausen (z. B. Frühstückspause, Mittagspause) verwendet werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Zeitschaltuhr genügend Schaltvorgänge pro Tag ausführen kann.

Bei Geräten, die eine längere Zeit zum Erreichen ihrer Betriebsbereitschaft benötigen (z. B. ältere Kopiergeräte mit langer Anwärmzeit), ist ein Einsatz von Schaltuhren zum Schalten in sehr kurzen Intervallen nicht ratsam. Häufiges Warten auf den Kopierer führt mit Sicherheit zu Manipulationen an der Schaltuhr. Es empfiehlt sich, bei diesen Verbrauchern die Schaltvorgänge auf die Wochenenden und an Arbeitstagen auf die Bereiche außerhalb der Arbeitszeit zu beschränken.

Bei einem ohnehin vorhandenen Netzwerk treten geringe Mehrkosten für die Installation der Bürogeräte im Netzwerk auf: Drucker können z. B. mit einer zusätzlichen Netzwerkkarte direkt in das Netzwerk eingebunden oder auch direkt an einem Netzwerkserver über die parallele Schnittstelle betrieben werden. Es entstehen keine Mehrkosten, aber die Druckerverwaltung muss auf dem Netzwerkserver gestartet werden. Sollen mehrere Drucker an verschiedenen Orten im Unternehmen aufgestellt werden, kann der Einsatz von Printservern sinnvoll sein, die die Verwaltung der Drucker im Netzwerk übernehmen. Die Einrichtung von Druckerwarteschleifen und die Zuordnung der Drucker liegt bei ca. 20–30 Minuten pro Drucker. Der Verwaltungsaufwand für das Einrichten der Netzwerkstationen kann mit ca. 5 Minuten pro Arbeitsplatz angenommen werden.

Insbesondere Einzelgeräte lassen sich mit einer einfachen Zeitschaltuhr, die zwischen Steckdose und Netzstecker des Gerätes gesteckt wird, wirkungsvoll abschalten. Einfache Zeitschaltuhren gibt es mit automatischer Umschaltung zur Sommer- und Winterzeit und einem 7-Tageprogramm für Schaltleistungen bis zu 3 kW. Der Aufwand für die Installation und die Programmierung kann mit ca. 15 Minuten angesetzt werden. Sollen höhere elektrische Leistungen geschaltet werden, ist der Einsatz einer einfachen Zeitschaltuhr nicht mehr möglich. Statt dessen muss eine Kombination aus Zeitschaltuhr und Relaisschaltstufe eingesetzt werden. Der Einbau erfolgt in einem Schaltschrank und ist unbedingt von einem Fachmann vorzunehmen.

Die technischen Eigenschaften der Schaltuhren sind kaum mehr zu verbessern. Jedoch können die Kosten für eine Schaltuhr zukünftig noch etwas sinken, so dass die Frage nach der Wirtschaftlichkeit künftig eher noch positiver eingeschätzt werden kann.

Geräte die von mehreren Personen in täglich gleichen Zeiträumen genutzt werden, können mit Memo Switch ausgestattet werden, um die Einsatzbereitschaft der Geräte zu regeln. Memo-Switch-Einbaugeräte „merken“ sich die Zeiten in denen z. B. Kopiergeräte oder Getränke-/Kaffeeautomaten zum Einsatz kommen. In den Zwischenzeiten wird die Stromzufuhr automatisch unterbrochen. Testreihen haben ergeben, dass ohne einen Komfortverlust für die Nutzer Energieeinsparungen von 50-80 % durch den Einsatz eines Memo-Switch-Gerätes zu erreichen sind (EMT, 1999). In der Schweiz wird der Einbau von Memo Switch durch spezielle Lieferantenverträge (Memo Switch als Standardausrüstung) vorangetrieben.

Sparschalter am Gerät nutzen

Einige Bürogeräte verfügen über Sparschalter am Gerät. Mit Hilfe des Sparschalters lässt sich ein Bürogerät direkt in den Stand-by-Modus schalten, ohne die sonst übliche Wartezeit, die das Gerät benötigt, um zu erkennen, dass es sich im Leerlauf befindet.

Die Akzeptanz des Sparschalters wird von verschiedenen Punkten beeinflusst:

- Schnelle Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft auf eine Benutzeranforderung hin
- einfache Bedienung
- die Motivation der Benutzer, den Sparschalter zu benutzen, muss gegeben und erhalten werden.

Auch im Bereich Sparschalter weisen mobile Computer den Desktop-PC den richtigen Weg. Mobile Computer verfügen über die Möglichkeit, den Inhalt des flüchtigen Speichers (RAM) innerhalb sehr kurzer Zeit auf der Festplatte zu speichern (Suspend to Disk). Häufig wird dieser Vorgang mit Schließen des Deckels oder durch Drücken einer Taste eingeleitet. Nach dem „Suspend to Disk" kann der mobile Computer alle wesentlichen Funktionen, die Energie benötigen, abschalten. Lediglich für die Abfrage der Schnittstellen (Maus- oder Tastaturbewegung, ein kommender Anruf über ein Modem können den Computer wieder aufwecken) kann ein minimaler Energieaufwand notwendig sein. Wird der mobile Computer wieder eingeschaltet, lädt der Computer die Daten von der Festplatte in den RAM und der Nutzer findet seine Arbeitsumgebung genau so vor, wie er sie beim Drücken des Sparschalters verlassen hat.

Ist ein Sparschalter vorhanden, entsteht kein weiterer finanzieller Aufwand. Lediglich für die Einweisung der Mitarbeiter oder das Lesen der Betriebsanleitung ist etwas Zeit notwendig.

Der Einsatz von Sparschaltern und deren Akzeptanz durch die Anwender wird zukünftig wichtiger werden, wenn es gelingt, die Zeiten für den Wechsel zwischen Stand-by- und Betriebsphase noch weiter zu verkürzen.

Richtiger Betrieb von Akkuladegeräten

Immer mehr Geräte (z. B. Funktelefone) werden in einer netzunabhängigen Version mit wiederaufladbaren Batterien (Akkus) angeboten. Die Akkus werden meist am normalen Stromnetz aufgeladen. Dabei verbleiben die Akkus häufig unnötig lange an der Ladestation oder werden bereits wieder geladen, bevor sie vollständig entladen wurden. In beiden Fällen ist ein unnötiger Stromverbrauch zu verzeichnen. Das verfrühte Wiederaufladen verkürzt zusätzlich die Lebensdauer und die Leistungsfähigkeit der Akkus. Geladene Akkus verlieren mit der Zeit durch Selbstentladung einen Teil der gespeicherten Energie, so dass dieser Anteil der Anwendung nicht mehr zur Verfügung steht. Im schlechtesten Fall können Verluste von bis zu 95 % auftreten. Daher sollte geprüft werden, ob der Einsatz von Akkus unbedingt notwendig ist.

Um bei Akkus die volle Leistungsbereitschaft zu erhalten und die vom Hersteller angegebene maximale Anzahl der Ladungszyklen zu erreichen, müssen sie vor dem Laden möglichst weit entladen werden. Nach Erreichen der Ladekapazität sollten die Akkus wieder von der Ladestation entfernt werden. Für den Nutzer heißt dies: mobile Telefone auch als solche nutzen (FfE, 1998).

Weitere Entwicklungen

Bei neueren Gerätegenerationen ist der Stromverbrauch im Stand-by wesentlich geringer. Neue Entwicklungen lassen Netzteile zu, die eine Stand-by-Leistung von 0,1 Watt ermöglichen, wobei das Gerät noch immer durch einfache Benutzereingaben aktiviert werden kann. Dieser Umstand hat folgende Auswirkungen:

- Die richtige Konfiguration des Powermanagements wird immer wichtiger, um das Stromsparpotenzial vollständig auszunutzen. Nur ein optimal eingerichtetes (und aktiviertes) Powermanagement nutzt die Möglichkeiten der neuen Gerätegeneration aus.
- Energiespargeräte, die bei Geräten der älteren Generation mit einem hohen Stand-by-Verbrauch eine hohe Einsparquote ermöglichen, verlieren ihre Bedeutung bei neuen Geräten mit extrem geringen Stand-by-Verlusten.
- Der richtige Umgang mit den Geräten wird immer wichtiger, um die Geräte energieeffizient zu betreiben.
- Die Entwicklung von neuen Gerätetypen mit – heute zum Teil nicht voraussehbaren Anwendungszwecken – erfolgt mit hoher Geschwindigkeit. Dadurch wird die Anzahl der eingesetzten Geräte und die Gerätedichte zukünftig stark ansteigen.
- Das Powermanagement wird zukünftig einen großen Teil der Benutzeraufgaben für einen stromsparenden Betrieb übernehmen. Dabei wird aber die Akzeptanz für das Powermanagement beim Endbenutzer immer wichtiger. Die Akzeptanz hängt ab von
  - der einfachen Bedienbarkeit,
  - der Zuverlässigkeit des Powermanagement und
  - dem Wissen um die Auswirkungen des Powermanagements und der Kosten und Umweltschäden durch einen unnötig hohen Stromverbrauch im Leerlauf.

2.2 Lebensmitteleinzelhandel

Die Nutzung von Kühlmöbeln macht im Lebensmittel-Einzelhandel 50 bis 60 % des gesamten Stromverbrauchs aus (RAVEL 1997; Wirtschaftskammer Oberösterreich 1998). Die Verhaltensmaßnahmen beziehen sich hier vor allem auf eine feinere, bedarfsgerechte Steuerung, Wartung und Reinigung und die sorgfältige Benutzung der Geräte. Bei neueren Geräten mit einer weiterentwickelten elektronischen Steuerung sind die Stromeinsparpotenziale zum Teil bereits ausgeschöpft. Weitere Potenziale lassen sich hier vor allem durch innerbetriebliche Verhaltensmaßnahmen erzielen.

Einen zweiten speziellen Bereich im Lebensmittel-Einzelhandel stellt der Einsatz von Registrierkassen dar. Auch hier lässt sich über Verhaltensmaßnahmen Strom einsparen.

2.2.1 Kühlung

Betriebstemperatur der Kühlmöbel auf die Ware abstimmen

Die Sollprodukttemperaturen für tiefgekühlte Lebensmittel sind in der Lebensmittelverordnung (gilt sowohl national als auch auf EU-Ebene) festgelegt. Die Produkttemperatur muss danach -18 °C betragen und darf nur während des Transports kurzzeitig auf -15 °C ansteigen. Für gekühlte Lebensmittel gibt es, mit Ausnahme von Milchprodukten (3-5 °C Solltemperatur) und für Hackfleisch (2 °C Solltemperatur) nur Empfehlungen. So werden bei verpackten Lebensmitteln Kühltemperaturen von 6 bis 8 °C akzeptiert. Bei gekühlten Produkten darf die Temperatur nicht unter -1 °C sinken. Die Überprüfung der Temperatureinhaltung ist in der Europäischen Kühlmöbelnorm EN 441 für gewerbliche Kühlmöbel festgelegt.

Bei untersuchten Lebensmittelläden, z. B. in Österreich, konnten „grobe Abweichungen von den Sollprodukttemperaturen“ (Wirtschaftskammer Oberösterreich 1998) festgestellt werden. Jede Unterschreitung der Solltemperaturen bedeutet einen zusätzlichen Energieverbrauch und womöglich das Verderben der Ware. Bei der Einstellung der Betriebstemperatur müssen zusätzliche Wärmeeinträge, die kompensiert werden müssen, mit berücksichtigt werden.

Die Maßnahme erfordert eine regelmäßige Kontrolle der Warentemperatur in den Kühlmöbeln und ggf. die Nachregelung der Temperatureinstellung. Vor allem bei Änderung des Füllgrades (extrem volle/leere Kühlmöbel) sollte eine Überprüfung stattfinden.

Tabelle 2.2-1: Verhaltensmaßnahmen im Lebensmittel-Einzelhandel

Bereich	Maßnahme	Kommentar / Erklärung	Einsparpotenzial (Einzelpotenziale u. Beispielangaben)
Allgemein	Maßnahmen in den Bereichen Heizen, kontrollierte Lüftung u. Klimatisierung, Luftheizungen, Warmwasser, Beleuchtung u. Bürogeräte	siehe Tabelle 2.1-1 Verhaltensmaßnahmen allgemein	
Kühlmöbel	Betriebstemperaturen der Kühlmöbel auf die Ware abstimmen	Solltemperaturen nicht unnötig unterschreiten	ca. 4 % pro 1°C
	Kühlmöbel (während der Nacht) abdecken	Minimierung des Wärmeaustausches	15-40 % (bei 12 Std.)
	Bei Abdeckung der Kühlmöbel die Kühlleistung anpassen	Anhebung der Möbeltemperatur bei (Nacht)Abdeckung	10-20 %, ca. 4 % pro 1°C
	Regelmäßige Wartung und Reinigung der Kühlmöbel	Reinigung des Verdampfers und des Ablaufsystems, Verflüssiger periodisch durch Fachpersonal reinigen	2-10 %
	Abtauen der Kühlmöbel nur bei Bedarf, und nur bis zur völligen Enteisung des Verdampfers	Thermostat am Verdampfer kann Auskunft geben; kein starrer Abtaurhythmus (ein bis mehrere Abtauungen können entfallen)	6-8 %
	Richtiges Beladen der Kühlmöbel	Möbel nicht überfüllen, Stapelmarken einhalten, Luftauslässe und Luftansaugöffnungen nicht verbauen	bis 20 %
	Minimales Beheizen der Kühlmöbel gegen Kondensatbildung	Regeltemperaturen überprüfen (Taupunkt ermitteln), ggf. Heizleistungen reduzieren	3-6 %
	Aufheizung der Kühlmöbel durch Beleuchtung minimieren	Leuchten entfernen oder austauschen	2-8 %
	Kühlzonen schaffen durch Konzentration von Kühlmöbeln	Kühlmöbel mit gleicher Kühltemperatur zusammenstellen (gegenüber statt nebeneinander)	5-10 %
Kühlräume	In Kühlräumen Licht löschen	Beleuchtung bedeutet interne Wärmequelle	8 %
	Bei Kühlräumen Kompressoren zeitweilig abschalten	Laufzeit von maximal 15 Stunden pro Tag meistens ausreichend	60 %
	Bei Tiefkühlräumen Türrahmenheizung takten	15 min/h Laufzeit ausreichend, Zeitschaltuhr takten	75 %
Kassen	Registrierkassen über Nacht ausschalten, evtl. Schaltuhren einbauen	Schaltuhren zum Ein- und Ausschalten von Registrierkassen; Amortisationszeit 1 Jahr	25 %
	einzelne Kassen von der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) trennen	Kassen, für die eine unterbrechungsfreie Stromversorgung nicht unbedingt notwendig ist, verursachen nicht notwendige Verluste	15 %

Kühlmöbel während der Nacht abdecken

Bei offenen Kühlmöbeln führt der Wärmeaustausch zu einem erhöhten Stromverbrauch. Die Zeiten, in denen die Kühlmöbel geöffnet sind, sollten sich daher auf ein Minimum beschränken, idealerweise nur auf die Momente der Warenentnahme. Abdeckvorrichtungen können Platten für Truhen und Inseln sein oder Glastüren, Abdeckfolien, Rollos für Kühlregale. Abdeckplatten oder Rollos kommen hauptsächlich bei der Nachtabdeckung zum Einsatz. Die Abdeckung ist direkt mit zwei weiteren Maßnahmen verknüpft. Zum einen müssen Glasabdeckungen zur Verhinderung der Kondensatbildung beheizt werden, zum anderen bedingt eine Abdeckung die Anpassung der Kühltemperatur.

Werden mobile Abdeckungen verwendet, müssen Zuständigkeiten, Handhabung und Lagerung geklärt sein. Dazu bedarf es einer kurzen Einweisung des Personals. Bei permanenten Abdeckungen sind Hinweise zur Nutzung für die Kunden notwendig.

Bei Abdeckung der Kühlmöbel die Kühlleistung anpassen

Bei der Verwendung von Abdeckungen muss weniger Wärmefluss von außen kompensiert werden. Die Betriebstemperatur kann daher nach oben angepasst werden, ohne dass die Solltemperatur überschritten wird. Erfolgt die Anpassung nicht, muss mit einer nicht gewünschten oder sogar verbotenen Vereisung der Ware gerechnet werden.

Um wie viel Grad die Temperatur bei einer Abdeckung angehoben werden kann muss im Einzelfall ermittelt werden. Liegen Erfahrungswerte vor, sinkt der Aufwand, da die Anpassung automatisiert werden kann (Zeitschaltuhr), bzw. die Einstellung ohne Kontrollmessungen erfolgen kann.

Regelmäßige Wartung und Reinigung der Kühlmöbel

Eine Schwachstellenanalyse im Rahmen des Branchenenergiekonzepts Lebensmittel-Einzelhandel hat ergeben, dass verschmutzte Kondensatoren und Verdampfer in den Kühlmöbeln zu erhöhtem Energieverbrauch führen (Wirtschaftskammer Oberösterreich 1998). Verursacher sind Staub und andere leichte Partikel. Die regelmäßige Reinigung (3-4 Mal im Jahr, Verflüssiger jährlich) von Verdampfern, Kondensatoren, Strömungskanälen, Ablaufsystemen, etc. und die Überprüfung der Sensoren können den Stromverbrauch bis zu 15 % senken. Zu diesen Wartungsarbeiten gehört auch die Nachregelung von eingesetzten Zeitschaltuhren, da Erfahrungswerte mit der Zeit einen Missstand aufdecken können.

Die Reinigung der technischen Komponenten der Kühlmöbel erfolgt bei der regelmäßigen Reinigung der Warenflächen in den Kühlmöbeln aus hygienischen Gründen. Bei der Aufstellung der Kühlmöbel sollte darauf geachtet werden, dass sie für die Reinigung zugänglich bleiben. Werden Wartungs- und Reinigungstermine notiert, sowie Einstellungswerte von Regelungstechniken festgehalten, kann die Reinigung zur Routine werden und der Stromverbrauch damit langfristig niedrig gehalten werden.

Abtauen der Kühlmöbel nur bei Bedarf und nur bis zur völligen Enteisung des Verdampfers

Herkömmliche Kühlmöbel ohne Kühlstellenregler (Regeltechnik, die feststellt, ob eine Abtauung stattfinden muss oder ob die Abtauung unterdrückt werden kann) haben in der Regel einen festen Abtaurhythmus. Der Zeitpunkt für den Start des Abtauvorgangs wird durch eine Zeitschaltuhr geregelt. Die Abtaudauer wird häufig ebenfalls durch die Zeitschaltuhr bestimmt. Hier sollte mit Hilfe eines eingebauten Abtaubegrenzungsthermostats auf eine bedarfsgerechte Abtaudauer umgestellt werden. Der Thermostat misst die Temperatur des Verdampfers bzw. der direkten Umluft.

Von Herstellern werden Kompaktregler angeboten die den bedarfsgerechten Abtauvorgang, die Verdichtereinstellung, das Licht in den Kühlmöbeln, usw. steuern. Diese integrierte Lösung ist aus wirtschaftlichen Gründen einer Einzelnachrüstung vorzuziehen. Soll nur die Abtauung energieeffizienter betrieben werden, sollte man die zyklische Abtauung beibehalten und nur einen Abtaubegrenzungsthermostat einbauen.

Bei Geräten, die maximal 10 Jahre alt sind, ist die Regelung der Abtaudauer Standard. Eine komplette bedarfsgerechte Abtauung ist aber bisher nur in den neueren Modellen zu finden. Die Austauschrate von Kühlmöbeln variiert stark. Sehr fortschrittliche Unternehmen tauschen alle 6 Jahre ihre Kühlmöbel aus, um auf dem neuesten Stand der Technik zu sein, andere Lebensmitteleinzelhändler benutzen bis zu 25 Jahren die gleichen Kühlmöbel. Nach Herstelleraussagen wurden aber in den vergangenen 10 Jahren ein Großteil der Kühlmöbel ausgetauscht, so dass Techniken wie Abtaubegrenzungsthermostate inzwischen weit verbreitet sind.

Richtiges Beladen der Kühlmöbel

Beim Beladen der Kühlmöbel gibt es zur Orientierung Stapelmarken, die eingehalten werden sollten. Bei einer Überladung mit Produkten wird riskiert, dass die Luftzirkulation nicht optimal funktioniert (Luftauslässe und Luftansaugöffnungen sind zugestellt) oder dass der sogenannte „Luftvorhang“, der als Schutzschicht zwischen

warmer Außenluft und kühler Innenluft dient, durchstoßen wird, und es so zu einem verstärkten Wärmeaustausch kommt.

Die Stapelmarken müssen gut erkennbar sein und immer frei gehalten werden. Das Personal wird bezüglich des richtigen Verhaltens beim Einsortieren von Waren eingewiesen. Die Maßnahme selbst bringt keinen Aufwand mit sich.

Minimales Beheizen der Kühlmöbel gegen Kondensatbildung

An Stellen, wo Raumluft und Kühlbereich aufeinander treffen, bildet sich aufgrund des Temperatur- und des Feuchteunterschieds der Luftmassen Kondenswasser. Um zu verhindern, dass sich Kondenswasser an den Kühlmöbeln niederschlägt, werden die exponierten Stellen (Glastüren, Glasabdeckungen, Handläufe, Türrahmen, usw.) beheizt. Die Stärke der Rahmenheizung ist abhängig von der Temperaturdifferenz und daher bei Tiefkühlmöbeln größer ausgelegt. Bei Plusmöbeln entfällt auf die Rahmenheizung ca. 20 %, bei Minusmöbeln sogar ca. 30 % des Stromverbrauchs. Wird mehr als nötig beheizt, führt dies zu einer Erwärmung im Kühlbereich und damit zu einem erhöhten Kältebedarf.

Eine bedarfsgerechte Schaltung der Rahmenheizung lässt sich über einen Taupunktregler realisieren. Er taktet die Heizung, sobald voreingestellte Werte für Lufttemperatur und -feuchte erreicht sind.

Neuere Kühlmöbel mit Glastüren oder -abdeckungen sind mit Wärmeschutzglas ausgestattet, das verhindert, dass die Außenseite der Glasfläche (zum Ladenraum hin) unter eine Temperatur von ca. 15 °C absinkt. Ein Eindringen der Infrarotstrahlung in den Kühlraum wird ebenfalls durch die Glasbeschichtung vermieden. Bei einer beschichteten Doppelverglasung kann evtl. ganz auf eine Rahmenheizung verzichtet werden. Verglaste Türen für Tiefkühlmöbel setzen sich heute immer mehr durch. Bei den aktuellen Produkten sind geregelte Beheizung und Spezialglas Standard.

Die Installation und die Einstellung des Taupunktfühlers wird vom Fachpersonal durchgeführt. Für einen zufriedenstellenden Betrieb muss der Taupunktfühler regelmäßig gereinigt werden.

Aufheizung der Kühlmöbel durch Beleuchtung minimieren

Jede Art von Beleuchtung in unmittelbarer Nähe zu den Kühlmöbeln führt zu einem Strahlungswärmeeintrag und damit zur Erhöhung des Kältebedarfs. Zum Wärmeeintrag trägt sowohl die in die Kühlmöbel integrierte Beleuchtung als auch die Beleuchtung des Ladenraums bei. Beide Quellen gilt es optimal anzupassen.

Grundsätzlich sollten nur Leuchtstofflampen verwendet werden, da diese im Vergleich mit Glüh- oder Halogenlampen einen geringeren Teil der zugeführten Energie in Wärme umwandeln. Wenn der Helligkeitsanspruch es zulässt, kann durch das Herausnehmen von einzelnen Lampen die Beleuchtungsstärke reduziert werden. Dies gilt sowohl für integrierte Leuchten als auch für die Raumbeleuchtung. Allgemein wird eine maximale Lichtleistung in Verkaufsräumen von 15 W/m² und eine Grundbeleuchtung zwischen 6 und 10 W/m² empfohlen (Humm/Jehle 1996). Während der verkaufsfreien Zeit sollte die Beleuchtung ganz abgeschaltet sein, was mit Hilfe einer Zeitschaltuhr geregelt werden könnte. (Siehe auch Kapitel 2.1.4, Branchenübergreifende Ergebnisse „Beleuchtung".)

Kühlzonen schaffen durch Konzentration von Kühlmöbeln

Durch Zusammenstellen von Kühlmöbeln können kühlere Ladenzonen entstehen, in denen ein geringerer Wärmeeintrag zu erwarten ist. Zusätzlich sollte darauf geachtet werden, dass die Platzierung von Kühlmöbeln nicht in unmittelbarer Nähe der Raumheizung, von Türen oder Luftauslässen (Gefahr von Zugluft) erfolgt und dass sie keinem direkten Sonnenlicht oder starken Strahlern ausgesetzt sind. Ein weiterer Einspareffekt wird erzielt, wenn offene Kühlmöbel gegenüberliegend statt nebeneinander platziert werden.

In Kühlräumen das Licht löschen

Die Brenndauer des Lichts im Kühlraum sollte so kurz wie möglich sein, da die Abstrahlung der Lampen den Kühlenergiebedarf erhöhen. Die Beleuchtung kann auch mit dem Schließmechanismus der Tür gekoppelt werden, so dass sie automatisch ausgeht.

Der Aufwand ist sehr gering, die Nutzer müssen aber ggf. darauf hingewiesen werden. Bei der automatischen Regelung ist ein größerer einmaliger technischer Aufwand zu erwarten, dafür entfällt der Aufwand für den Nutzer.

Bei Kühlräumen die Kompressoren zeitweilig abschalten

Die Kompressoren in Kühlräumen können vorzugsweise nachts zeitweilig abgeschaltet werden. Es reicht, sie maximal 15 Stunden pro Tag laufen zu lassen. Hierdurch wird der Verschleiß vermindert. Das Einsparpotenzial liegt bei 60 %.

Der Aufwand ist gering und sollte von einem technischen Mitarbeiter durch den Einbau einer Zeitschaltuhr umgesetzt werden.

Bei Tiefkühlräumen Türrahmenheizung takten

Bei Tiefkühlräumen kann die Türheizung z. B. über eine Zeitschaltuhr getaktet werden. Es reicht, sie 15 Minuten pro Stunde laufen zu lassen. Der Energieverbrauch reduziert sich hierdurch um 75 % (RAVEL 1994)

Die Türheizung kann durch eine Zeitschaltuhr gesteuert werden, die einmalig angebracht wird.

2.2.2 Kassen

Registrierkassen über Nacht ausschalten, evtl. Schaltuhren einbauen

Nicht genutzte Kassen sollten komplett abgeschaltet werden. Es gilt dabei zu überprüfen, ob eine Kasse als Einzelgerät läuft oder nur gruppenweise an- und ausgeschaltet werden kann. Die Schaltvorgänge können manuell erfolgen oder, bei immer gleichen Nutzungszeiten, per Zeitschaltuhr. Beim Ein- und Ausschalten per Zeitschaltuhr besteht die Gefahr einer kurzzeitigen Überlastung im Server einer Anlage oder auch der Anlage zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV). Ist dies nicht auszuschließen, sollten die Einschaltvorgänge zeitlich versetzt erfolgen, bzw. die USV mit Hilfe einer Bypass-Schaltung umgangen werden. Die Stromeinsparung ergibt sich entsprechend der Laufzeitverkürzung. Die Kleininvestitionen amortisieren sich ca. nach einem Jahr.

Den größten Aufwand verursacht die genaue Ermittlung des Kassensystems und des Aufbaus der USV. Das manuelle Ausschalten bedeutet nur einen geringen, das geregelte Ausschalten per Zeitschaltuhr einen einmaligen mittleren Aufwand.

Einzelne Kassen von der USV trennen

Alle Geräte, die an eine USV angeschlossen sind, verursachen bei dieser einen Verlust. Bei Registrierkassen müssen nur solche Kassen angeschlossen sein, die für ihre Speicher keinen integrierten Puffer (normalerweise Batterie) für den Fall des Stromausfalls besitzen. Es sollte also überprüft werden, ob nicht eine doppelte Absicherung vorliegt, die auf Kosten des Stromverbrauchs geht. In einem weiteren Schritt könnte eine geringer dimensionierte USV eingesetzt werden, die dann höher ausgelastet wäre. Der größte Wirkungsgrad (92 %) wird ab einer Auslastung von ca. 60 % erreicht. Der Austausch einer USV gehört wegen des großen Investitionsaufwandes aber nicht zu den Verhaltensmaßnahmen. Die Abweichung der tatsächlichen Leistung (gemessene Leistung) einer Kasse von der auf dem Typenschild angegebenen Leistung führt in vielen Fällen zu einer grundsätzlichen Überdimensionierung schon bei der Installation der Anlage.

Das gesamte Kassensystem wird auf seine Speicherfähigkeit mittels integrierter Puffer untersucht. Abgesicherte Kassen werden von der USV abgekoppelt. Die Maßnahme muss auf jeden Fall von einem Techniker durchgeführt werden. Sie verursacht aber nur einen geringen Aufwand.

2.3 Hotels und Gaststätten

Die Hotel- und Gaststättenbranche ist sehr inhomogen. Sie umfasst zum einen Kantinen, Küchen in Alters- und Pflegeheimen, Cafés und Ausflugslokale, aber auch Frühstückspensionen und Fünf-Sterne-Hotels. Die prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs nach Lüftung, Beleuchtung, Kochen, Abwaschen und Kühlung variiert je nach Gastronomietyp. Dies ist auch auf die sehr unterschiedliche technische Ausstattung der Hotels und Gaststätten zurückzuführen. Ob die nachfolgend empfohlenen Verhaltensmaßnahmen zur Energieeinsparung durchgeführt werden können, ist von den Gegebenheiten vor Ort abhängig. Eine Studie im Rahmen des Projektes *Energie 2000* in der Schweiz hat ein Einsparpotenzial von 10 % im Strombereich (technische Maßnahmen und Verhaltensmaßnahmen) ergeben (Humm/Jehle 1996).

2.3.1 Küche

Der Energieverbrauch hängt im hohen Maße von der technischen Ausstattung der Küche ab. So hat ein Elektroherd mit Gusseisenplatten einen approximativen Wirkungsgrad von 60 %. Bei einem Induktionsherd liegt er bei 90 %. Für diesen Herdtyp wird allerdings Kochgeschirr aus magnetischen Metallen benötigt. Je weniger effizient ein Geräte aufgrund seiner technischen Bauweise ist, desto wichtiger ist der energieeffiziente Umgang mit diesem Gerät. Die größten Stromverbraucher in der Gastronomieküche sind Kochherde und Spülmaschinen, deren Anteil am Gesamtstromverbrauch jeweils bei ca. 18 % liegen. Eine Studie hat zudem bewiesen, dass der Stromverbrauch der Küche nur minimal von der Anzahl der zubereiteten warmen Speisen abhängt. D. h. der meiste Stromverbrauch entsteht durch die Bereithaltung der Speisen.

Daraus ergibt sich eine Fülle von Maßnahmen zur Energieeinsparung, die sich zum Teil im täglichen Betrieb der Küche direkt durch die Nutzer durchführen lassen. So ist der Energiebedarf stark abhängig davon, wie viel Wasser bei dem Kochvorgang mit erhitzt werden muss. Dementsprechend ist das Dämpfen nicht nur besser für den Vitamin- und Mineralsalzgehalt der Speisen, sondern auch weniger energieintensiv als das Kochen.

Tabelle 2.3-1: Verhaltensmaßnahmen in Hotels und Gaststätten

Bereich	Maßnahme	Kommentar / Erklärung	Einsparpotenzial (Einzelpotenziale u. Beispielangaben)
Allgemein	Maßnahmen in den Bereichen Heizen, kontrollierte Lüftung und Klimatisierung, Luftheizung, Beleuchtung, Bürogeräte und Warmwasser	siehe Tabelle 2.1-1 Verhaltensmaßnahmen allgemein	
Küche	Kochgefäße mit schlecht schließenden Deckeln aussondern	schlecht schließende Pfannen- und Topfdeckel	bis zu 50 %
Kochen	Kochgefäße mit deformiertem Boden aussondern		bis zu 30 %
	richtige Größe des Kochgeschirrs wählen	richtiges Volumen, richtiger Durchmesser	bis zu 60 %
	doppelwandigen Isolierpfannen und Dampfkochtöpfen den Vorzug geben		30-60 %
	bedarfsgerechte Regelung der Kochplatte	Herd erst einschalten, wenn das Kochgeschirr auf der Platte steht, Nach dem Aufheizen möglichst schnell auf Fortkochstufe schalten, Kochplatte vorzeitig abschalten	10-15 %
	kleine Mengen Wasser im Wasserkocher (Schnellkocher) erhitzen		bis zu 50 %
Backen	Bedarfsgerechte Nutzung des Backofens	wenn möglich auf Vorheizen verzichten, minimale Backtemperatur wählen, Backofen rechtzeitig vor Ende des Backvorgangs ausschalten, Backofentür nicht unnötig öffnen (20 %), mehrere Gerichte gleichzeitig zubereiten	10 %
	Tiefkühlprodukte im Kühlschrank und nicht im Backofen auftauen	spart Kühl- und Wärmeenergie	3 %
Kühlschrank	Kühlschrank in die kälteste Ecke der Küche stellen		ca. 5 % je 1 °C Umgebungstemperatur
	Lüftungsöffnungen des Kühlschranks nicht verstellen oder verstopfen	Wärmetauscher an der Rückseite ca. 2x im Jahr entstauben (Staub wirkt wie Isolierschicht), Abstand zur Wand ca. 5 cm	ca. 10 %
	bedarfsgerechte Kühltemperatur einstellen		4-6 % je 1 °C
	keine warmen Speisen in den Kühlschrank stellen		5 %
	Kühlschranktür nicht unnötig lange offen stehen lassen	auch darauf achten, dass die Tür gut schließt	3 %
	Kühlschrank während längerer Abwesenheit abtauen und abstellen		ca. 8 %

Fortsetzung Tabelle 2.3-1

Bereich	Maßnahme	Kommentar / Erklärung	Einsparpotenzial (Einzelpotenziale u. Beispielangaben)
Tiefkühlgerät	bedarfsgerechte Kühltemperatur		6 % je 2 °C
	Kühlzellen dicht bepacken	je weniger Luft im Kühlraum, desto energiesparender; evt. Ballast herein-legen, z. B. Schaumstoffblock	5 %
	sinnvolle Einkaufsplanung	auf viele Tiefkühlprodukte könnte dann verzichtet werden	10 %
	Kühlgerät an kühlem Ort aufstellen		10 %
Kühlräume	Licht löschen	Beleuchtung bedeutet interne Wärmequelle	8 %
	Kompressoren zeitweilig abschalten	Laufzeit von maximal 15 Stunden pro Tag meistens ausreichend	60 %
	Türrahmenheizung takten	15 min/h Laufzeit ausreichend, Zeitschaltuhr taktet	75 %
Sonstiges	Spülmaschinen nur ganz gefüllt in Betrieb setzen		20 %
	auf Tassenwärmer und Infrarotlampen zum Warmhalten der Speisen verzichten		80 %
Restau-rantbetrieb	Raucher- und Nichtraucherzonen unterschiedlich belüften	Voraussetzung ist eine getrennt regelbare Lüftungsanlage	15 %
Gäste-zimmer	Einsatz von Minibars nur auf Gästewunsch	Energiekosten schlucken die Einnahmen durch Getränkeverkauf, daher eh nur Dienstleistung; Minibars benötigen 5-10 % des gesamten Energie-verbrauchs eines Hotels	15 %
	Fernseher nicht auf Stand-by lassen	gilt für Personal und Gäste	70 %
Wäscherei	Wäschereduzierung durch Gästemitbestimmung	Gast soll selber entscheiden, ob das Bett jeden Morgen frisch bezogen wird oder ob Handtücher täglich gewechselt werden	40 %
	bei Waschmaschine maximal mögliche Füllmenge anstreben	Geräte aber nicht überladen	20 %
	nicht stark verschmutzte Wäsche nur bei 60 °C waschen		40 %
	effizienter Einsatz von Wäschetrockner und Wäscheschrank	Trockner oder Wäscheschrank auslasten	30 %
	bei Raumluftentfeuchtern Türen und Fenster geschlossen halten	Raumluftentfeuchter arbeitet nur optimal, wenn er in Räumen mit ge-schlossenen Fenstern und Türen in Betrieb gesetzt wird und mit einer Feuchte- oder Zeitsteuerung verbunden ist	30 %

Kochen

Kochgefäße mit schlecht schließenden Deckeln oder mit deformierten Böden sollten aussortiert werden. Der Anteil an schlechtsitzenden Deckeln, die einen bis zu 50 % höheren Verbrauch bewirken, ist in Großküchen sehr hoch. Außerdem ist darauf zu achten, den jeweils passenden Deckel für Töpfe und Pfannen zu verwenden. Töpfe und Pfannen mit unebenen Böden verbrauchen bis zu 30 % mehr Energie und sollten ausgesondert oder repariert werden. Zudem werden die Kochplatten durch den fehlenden Kontakt überhitzt, was zu einem frühzeitigen Defekt der Kochplatte führen kann. Ein anderer Effekt ist die Verlängerung der Kochzeit insgesamt. Dies kann gerade in Stoßzeiten einen sehr negativen Effekt auf den Betrieb der Küche und die Kundenzufriedenheit hervorrufen. Der Anteil an Töpfen mit unebenen Böden ist in Großküchen ebenfalls sehr hoch.

Je größer das Kochgefäß, desto mehr Energie wird benötigt, um den Topf oder die Pfanne selbst zu erhitzen. Deshalb wird empfohlen, bei der Auswahl auf das richtige Volumen zu achten. Der Durchmesser des Topfes sollte zur Größe der Herdplatte passen. Bei Induktionsherden können Töpfe mit unterschiedlichen Durchmessern auf dieselbe Kochplatte gestellt werden. Das Gerät erwärmt lediglich den Topf. In gewerblichen Küchen wird sich langfristig diese Herdform durchsetzen.

Der Energieverbrauch liegt beim Braten in der Bratpfanne auf einem Gussplattenherd bei 0,75 kWh/kg Speise. Ein Induktionsherd benötigt dagegen nur 0,18 kWh/kg.

Tabelle 2.3-2: Energieverbrauch beim Kochen von Reis

Kochgerät	**Energieverbrauch in kWh/kg**
Kippkessel	1,18
Gussplattenherd	0,95
Induktionsherd	0,7
Combidämpfer	0,64
Vakuum-Garen	0,35

Quelle: Humm/Jehle 1996

Sofern vorhanden, sollten verstärkt doppelwandige Isolierpfannen und Dampfdrucktöpfe eingesetzt werden. Das Energiesparpotenzial liegt bei bis zu 60 %. Diese Form der Zubereitung schont außerdem den Vitamin- und Mineralstoffverlust beim Kochen. Küchengeräte, die gut wärmegedämmt sind, vermindern zusätzlich den Lüftungs- und Klimatisierungsbedarf.

Man kann annehmen, dass diese Art von Kochgeschirr ständig weiterentwickelt wird. Es hängt somit von den Nutzern ab, inwieweit sie über den neusten Informationsstand verfügen und diesen bei Neuanschaffungen in die Kaufentscheidung mit einfließen lassen.

Die Regelung der Kochplatte sollte bedarfsgerecht erfolgen. Der Herd soll erst eingeschaltet werden, wenn der Topf auf der Kochplatte steht. Nach dem Aufheizen und z. B. Anbraten soll frühestmöglich auf die Fortkochstufe herunter geschaltet werden. Des weiteren sollte die Kochplatte frühzeitig vor Kochende ausgeschaltet werden, damit die Restwärme genutzt werden kann. Die Einsparungen, die durch diese Betriebsweise erzielt werden können, liegen bei 10-15 % (U.A.N. 1998). Einige moderne Herde sind bereits mit Kontaktschaltern ausgerüstet, die die Platten nur dann aktivieren, wenn auch ein Topf auf der Platte steht. Der Nutzer braucht nicht mehr selbst daran zu denken. Dies ist sicher in Stoßzeiten des Küchenbetriebes zu begrüßen, da es das Küchenpersonal entlastet. Sind jedoch sowohl Herde mit als auch ohne diese Regelung vorhanden, ohne dass dies deutlich gekennzeichnet ist, ist zu vermuten, dass die Nutzer eher mal eine Kochplatte vergessen auszustellen.

Kleine Mengen Wasser sollten im Wasserkocher (Schnellkocher) und nicht im Topf erhitzt werden. Dadurch können bis zu 50 % Energie eingespart werden. So werden zur Erwärmung von einem Liter Wasser von 15 °C auf 96 °C vom Wasserkocher 103 kWh (Dauer: 4,4 Minuten), von der Gusskochplatte 227 kWh (Dauer: 6,5 Minuten) Strom benötigt. Somit bedeutet der Einsatz eines Wasserkochers zusätzlich eine Zeitersparnis. Die Auswahl an Wasserkochern in allen Qualitätsstufen ist groß. Bei der Anschaffung sollte auf leichte Handhabbarkeit (Gefäß von der Basisstation abnehmbar), ausreichendes Volumen und geringen Stromverbrauch geachtet werden.

Das Personal sollte entsprechend geschult werden. In regelmäßigen Gesprächen kann diskutiert werden, ob die Auswahl an Spezialtöpfen und -pfannen ausreichend und passend ist, damit dies bei Neuanschaffungen berücksichtigt werden kann. Der Aufwand für die bedarfsgerechte Regelung der Kochplatten ist gering, der Nutzer muss allerdings ständig daran denken. In Zeiten mit starkem Betrieb kann dies als zusätzliche Belastung empfunden werden.

Backen

Verschiedene Verhaltensmaßnahmen ermöglichen die bedarfsgerechte Nutzung des Backofens. In der Regel kann auf das Vorheizen des Backofens verzichtet werden. Die Backzeit verlängert sich dadurch nur unwesentlich. Zum Backen sollte die minimale Backtemperatur gewählt werden. Bei Umluftherden kann z. B. mit 20-30 °C geringeren Temperaturen gebacken werden, da die Wärme besser verteilt wird. Die Technik ermöglicht es auch, mehrere Gerichte gleichzeitig zuzubereiten. Eine Ge-

schmacksübertragung findet dabei nicht statt. Bei Backöfen neueren Datums kann der Backraum unterteilt und separat beheizt werden. Dies führt zu einer Energieeinsparung von bis zu 30 %. Bereits vor Ende des Backvorgangs kann der Backofen ausgeschaltet werden. So kann die Restwärme optimal genutzt werden. Die Backofentür sollte während des Backvorganges nicht unnötig geöffnet werden, denn häufiges Öffnen der Tür führt zu einem Energiemehrverbrauch von ca. 20 %.

Ein hohes Einsparpotenzial liegt in einer guten Planung des Bedarfes an Frisch- und Tiefkühlprodukten. Dies ermöglicht ohne Zeitdruck, Tiefkühlprodukte im Kühlschrank aufzutauen und nicht, wie oft üblich, bei niedriger Temperatur im Backofen. Zusätzlich vermindert der Auftauvorgang den Energieverbrauch des Kühlschranks.

Der Aufwand für den Nutzer ist gering und sollte bei der Schulung/Einweisung angesprochen werden. Aufwendiger ist die richtige Organisationsplanung, die die Durchführung einzelner Maßnahmen erst ermöglicht. Verantwortlich hierfür sind der Küchenchef oder die Küchenchefin.

Kühlschrank

Nur etwa 10 % der Energie, die ein Kühlschrank verbraucht, wird zum Kühlen der Speisen benötigt. Der überwiegende Rest (75 %) sind Transmissionswärmeverluste durch die Kühlschrankwände. Sowohl die Innentemperatur, als auch die Umgebungstemperatur des Kühlschrankes sind von entscheidender Bedeutung für den Energieverbrauch des Gerätes.

Abbildung 2.3-1: Stromverbrauchsanteile bei Kühlschrank und Tiefkühlgerät

Stromverbrauchsanteile bei Kühlschrank und Tiefkühlgerät

Transmissionsverluste 75%

Einlagerung von Waren 10%

Türöffnen 3%

Türdichtung und Wärmebrücken 12%

Quelle: Humm/Jehle 1996

Der Kühlschrank sollte möglichst am kältesten Ort im Raum aufgestellt werden. Insbesondere nicht in die Nähe von Wärmequellen. Die Energieersparnis beläuft sich auf ca. 5 % je 1 °C niedrigerer Umgebungstemperatur. Bereits bei der Planung sollte ein geeigneter Aufstellungsort für Kühl- und insbesondere Gefrierschränke berücksichtigt werden. Werden sie z. B. in Vorratsräumen aufgestellt, so verderben die anderen Speisen schneller aufgrund der Abwärme der Geräte.

Die Lüftungsöffnungen des Kühlschrankes dürfen weder zugestellt oder verstopft werden. Dies führt bei Tiefkühlschränken zu einem Mehrverbrauch an Energie von bis zu 10 %. Der Wärmetauscher auf der Rückseite sollte ca. zweimal im Jahr entstaubt werden, da der Staub wie eine Isolierschicht wirkt.

Manchmal wird die Temperatur im Kühlschrank reduziert, da innerhalb einer kurzen Zeit viele Speisen gekühlt werden müssen. Wird anschließend vergessen, den Thermostat auf die ursprüngliche Temperatur zurückzudrehen, kommt es über längere Zeit zu einem erhöhten Stromverbrauch. Eine regelmäßige Kontrolle bei der *bedarfsgerechten Einstellung der Kühltemperatur* ist wichtig. Die Einsparung beträgt ca. 4-6 % je 1 °C höherer Temperatur. Werden warme Speisen in den Kühlschrank gestellt, erhöht sich die Kühlleistung und entsprechend der Stromverbrauch merklich. Dies sollte vermieden werden. Stehen mehrere Kühlschränke zur Verfügung, können diese mit unterschiedlichen Temperaturen betrieben werden. Ist der Bedarf niedriger, sollten einzelne Geräte abgeschaltet werden.

Je größer der Eisansatz im Kühlschrank ist, desto mehr Energie verbraucht das Gerät. Kühlschränke sollten ca. zweimal im Jahr abgetaut werden, idealer Weise vor einer längeren Zeit der Abwesenheit, so dass er ganz ausgeschaltet werden kann. Es bietet sich an, Abtauen und eine gründliche Reinigung des Kühlschranks zu kombinieren, da im normalen Betrieb durch die lange Öffnungszeit der Tür beim Reinigen viel Strom verbraucht wird. Aber auch im normalen Betrieb kostet jedes Öffnen der Tür einen leicht erhöhten Stromverbrauch der sich mit der Zeit addiert. Die *Anzahl und die Dauer der Öffnungen sollten deshalb so gering wie möglich* gehalten werden. Die Waren sollten außerdem nach einer bestimmten Ordnung in den Kühlschrank gelegt werden. So wird weniger Zeit mit Suchen bei geöffneter Tür notwendig. Ggf. kann ein Plan neben den Kühlschrank gehängt werden. Außerdem sollten überprüft werden, ob die Türen gut schließen. Ggf. muss das Türgummi erneuert werden.

Die richtige Platzierung ist eine einmalige Maßnahme, setzt allerdings entsprechende räumliche und technische Anschlussmöglichkeiten voraus. Ideal ist eine Möglichkeit, die Abwärme im Sommer nach außen leiten zu können. Diese Maßnahme erfordert die Zusammenarbeit der Mitarbeiter mit der Entscheidungsebene.

Abtauen, Reinigung der Luftauslässe und des Wärmetauschers und Überprüfung der Türgummis sollten gemeinsam, z. B. im Rahmen der Generalreinigung der Küche

durchgeführt werden. Je nach Aufstellungsort kann die Zugänglichkeit des Kompressors schwierig sein. Dies sollte möglichst schon bei der Aufstellung der Geräte mit berücksichtigt werden.

Die Kontrolle der Temperatur sollte regelmäßig erfolgen. Ein gut sichtbares Thermometer erleichtert dies erheblich. Zusätzlich müssen die Nutzer sensibilisiert werden. Dies kann z. B. durch eine gut sichtbare Beschriftung mit der Solltemperatur und mit weiteren Hinweisen (keine warmen Speisen, Tür nur kurz öffnen, ...) an der Kühlschranktür erfolgen. Die Mitarbeiter der Küche müssen das Ordnungssystem akzeptieren und sich daran halten.

Das Abstellen für einen bestimmten Zeitraum sollte in einen Arbeitsplan integriert werden, in dem die Arbeiten zusammengefasst sind, die vor bzw. nach Betriebs- oder Schulferien durchzuführen sind. Insgesamt ist der Aufwand gering.

Tiefkühlschrank

Die empfohlenen Verhaltensmaßnahmen bei der Benutzung von Kühlschränken lassen sich ohne weiteres auch auf die Verwendung von Tiefkühlschränken übertragen. Eine weitere Maßnahme ist die systematische Anordnung der Kühlprodukte in den Kühlzellen. Durch dichte Bepackung wird das Luftvolumen im Tiefkühlschrank verringert. So gelangt beim Öffnen der Türen weniger warme Luft in den Tiefkühlschrank. Ggf. sollte das Luftvolumen durch Schaumstoffblöcke verringert werden.

Die Einstellung der bedarfsgerechten Kühltemperatur ist auch bei Tiefkühlgeräten von Bedeutung, wenn auch mit etwas geringerem Effekt als beim Kühlschrank. Die Energieeinsparung liegt bei ca. 6 % je 2 °C. Dagegen bringt der richtige Aufstellungsort bis zu 10 % Einsparung aufgrund der höheren Transmissionsverluste bei gleicher Umgebungstemperatur.

Allgemein gültig ist, dass durch eine sinnvolle Planung auf viele Tiefkühlprodukte verzichtet werden kann. Viele Besucher von Hotels und Gaststätten schätzen zunehmend Speisen, die frisch und je nach Saison zubereitet werden. Der Aufwand ist je nach Einkaufsmöglichkeiten unterschiedlich hoch. Eine kritische Überprüfung der Bezugsquellen ist allerdings in zeitlichen Abständen allein wegen der Kosten notwendig. Bezüglich des Aufwands siehe Abschnitt „Kühlschrank“

Tiefkühlräume

Siehe Kapitel 2.2.1 „Lebensmitteleinzelhandel – Kühlung“.

Sonstige Geräte

Zwei weitere bedeutende Stromverbraucher im Küchenbereich sind Geschirrspülmaschinen und Warmhalteeinrichtungen. Spülmaschinen sollten nur ganz befüllt in Betrieb gesetzt werden. Eine Vorspülung ist nur bei stark verschmutztem Geschirr notwendig und mit kaltem Wasser ausreichend. Wäscht man zusätzlich mit Sparprogrammen, so ist eine Energieeinsparung von 30 % möglich. Geschirrspüler benötigen für 12 Maßgedecke ca. 2,2-1,6 kWh. Im Zuge der Weiterentwicklung von Spülmaschinen ist allerdings ein weiterer Rückgang des Strom- und Wasserverbrauches zu erwarten. Bei Tassenwärmern und Infrarotlampen zum Warmhalten von Speisen ist zu überprüfen ob auf den Einsatz nicht ganz verzichtet werden kann.

Das bisherige Nutzungsschema der Spülmaschine (feste Intervalle oder bei Bedarf) ist zu überprüfen und ggf. umzuorganisieren. Evtl. erlaubt ein Mangel an Geschirr bisher nicht mit den Waschvorgängen zu warten. In der praktischen Anwendung bedeutet die Maßnahme keinen Aufwand. Bei den Warmhaltegeräten soll im Einzelfall entschieden werden, ob der Warmhalteeffekt den erhöhten Stromverbrauch rechtfertigt.

2.3.2 Restaurantbetrieb

Die branchenübergreifenden Maßnahmen in den Bereichen Heizen, kontrollierte Lüftung, Warmwasser und Beleuchtung lassen sich auch in Gasträumen anwenden, wobei aber verstärkt auf Gästewünsche Rücksicht genommen wird.

Manchmal ist es möglich Teile des Gastraumes unterschiedlich stark zu belüften. In diesem Fall ist es möglich *Raucher- und Nichtraucherzonen entsprechend zu belüften*, denn der Lüftungsbedarf von Raucherzonen ist dreimal höher, als der von Nichtraucherzonen und bedeutet einen 6 bis 8-fachen Luftwechsel pro Stunde (Rechnagel/Sprenger/Schramek 1995). Der Mindestvolumenstrom nach DIN und ASR liegt bei für Raucherzonen bei 60 m^3/(h Person) und für Nichtraucherzonen bei 40 m^3/(h Person).

Wenn die Mitarbeiter wissen, welche Regelstufe für welchen Bedarf angemessen ist können sie die Anlage besser bedienen. Sonst wird häufig eher mehr belüftet, als notwendig. Voraussetzung für die unterschiedliche Belüftung von Raucher- und Nichtraucherzonen ist eine unterschiedlich regelbare Lüftungsanlage. Dies ist bei einer späteren Aufteilung des Gastraumes häufig nicht möglich. Ggf. müssen die technischen Mitarbeiter entsprechend informiert bzw. geschult werden.

2.3.3 Gästezimmer

Auch hier gelten die allgemeinen Maßnahmenvorschläge aus Kapitel 2.1. Durch die Organisation eines Hotelbetriebs ergeben sich aber zum Teil Sondersituationen. Die Hotelzimmer, die nicht benutzt werden, sollten nach Möglichkeit nicht beheizt und nicht mechanisch belüftet werden. Sind Thermostatventile vorhanden reicht es diese auf Frostschutzbetrieb zu stellen. Besteht in den Gästezimmern keine Möglichkeit der Einzelraumregelung zumindest über Thermostatventil kann diese Maßnahme überhaupt nicht durchgeführt werden. Zunehmend werden gerade Hotels mit Gebäudeleittechnik ausgerüstet. Diese Systeme erlauben über ihre offene Architektur auch die Kombination mit anderen Software-Programmen. So ist es zum Beispiel möglich, die Einzelraumregelung mit dem Buchungsprogramm zu verknüpfen. Es reicht dann eine stichpunkthafte Prüfung der Automatismen aus. Für den korrekten Umgang mit der Klimaanlage sollten Hinweise gegeben werden (z. B. Informationsschreiben, welches im Zimmer ausliegt). Viele Gäste von Hotels haben wenig Erfahrung im Umgang mit Klimaanlagen. Sie wissen häufig nicht, dass die Fenster geschlossen sein müssen, damit die Klimaanlage richtig funktioniert.

Ein hotelspezifisches Problem ist der Einsatz der Minibars auf den Gästezimmern. Die Energiekosten, die durch den Betrieb von Minibars entstehen, schlucken häufig die Einnahmen die durch den Getränkeverkauf erzielt werden. D. h., es handelt sich nur noch um eine Dienstleistung für den Hotelkunden. Bezogen auf den gesamten Energieverbrauch eines Hotels benötigen Minibars 5-15 %. Häufig kommen Absorbergeräte zum Einsatz, da diese leise sind. Sie haben aber einen dreimal höheren Stromverbrauch als Kompressorgeräte. Ein 60 l-Absorbermodell verbraucht 0,8 kWh/24 h. Es ist davon auszugehen, dass der Strombedarf von Kühlschränken weiter zurückgeht. Allerdings ist der Aufwand für den Einbau und Betrieb dieser Geräte in jedem Zimmer sehr aufwendig. Um den Stromverbrauch zu mindern wird empfohlen, Minikühlschränke nur auf Gästewunsch einzusetzen. Als Alternative zu den Einzel-Kühlschränken bieten sich Kühlschränke auf den Etagen an.

Häufig laufen besonders in Hotels die Fernseher im Stand-by-Betrieb, was zum einen die Grundlast erhöht und zum anderen hohe Stromkosten verursachen kann. Ein Fernseher verbraucht, wenn es sich um ein Modell mit hohem Stromverbrauch handelt 0,44 kWh für 22h im Stand-by-Betrieb. Bei einem sparsamen Modell sind es 0,0022 kWh für 24h. Die Fernsehgeräte sollten nach der Benutzung ganz ausgeschaltet werden. Zusätzlich zur Energieeinsparung wirkt sich das Abstellen positiv auf die Lebensdauer des Fernsehers aus. Durch Gebäudeleittechnik ist es im Zukunft möglich, alle unnötigen Verbraucher in einem Hotelzimmer von der Rezeption aus abzuschalten, wenn das Zimmer nicht belegt ist.

Der zusätzliche Einbau von Internetanschlüssen und abrufbare Videofilme wird den Strombedarf je Hotelzimmer eher erhöhen. Möglicherweise wird der Mehrverbrauch durch sparsamere Geräte abgefangen.

Regelmäßig muss der Gast beim Einchecken gefragt werden, ob er den Betrieb der Minibar wünscht. Ein zusätzlicher Aufwand entsteht dadurch, dass der Kühlschrank mit bereits gekühlten Getränken aus dem Lager bestückt werden muss. Hier muss ein Teil der Mitarbeiter mitwirken. Eventuell müssen einige Arbeitsabläufe geändert werden.

Der Aufwand zur Vermeidung des Stand-by-Betriebs ist relativ hoch und erfordert die Aufmerksamkeit von Gästen und Reinigungspersonal. Neben der Sensibilisierung des Personals sollten in den Zimmern auch ein Hinweis für die Gäste angebracht werden.

2.3.4 Wäscherei

Ein Gast, der mehr als eine Nacht bleibt, sollte selbst entscheiden können, ob das Bett frisch bezogen oder die Handtücher gewechselt werden. Gästemitbestimmung zur Wäschereduzierung wird schon in vielen Häusern praktiziert. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich bis zu 70 % der Gäste an dem System beteiligen. Je nach Hotel hat dies zu einer Reduktion von 40-60 % der Badewäsche geführt (Lipinski 1993).

Die Waschmaschinen sollten nach Möglichkeit nur voll beladen laufen. Selbst eine Waschmaschine mit ½-Taste spart im Vergleich zur vollen Beladung nur 35 % Energie ein. Deshalb ist es immer günstiger die Maschine voll zu beladen. Das Einsparpotenzial dieser Maßnahme liegt bei 20 %. Andererseits sollten die Maschinen nicht überladen werden, da dies das Waschergebnis negativ beeinflusst. Es gibt aber immer mehr Maschinen die mit einer Mengenautomatik arbeiten und die nur die wirklich notwendige Wassermenge zufüllen. Bei geringer Beladung wird daher auch nur eine entsprechend geringere Menge Wasser aufgeheizt. Ist Kochwäsche nicht zu stark verschmutzt reicht eine Wäsche bei 60 °C statt bei 95 °C aus. Die Einsparung liegt bei bis zu 40 % je nach Maschine.

Insgesamt ist die Wäsche-Trocknung an der Luft oder in Trockenräumen (evtl. mit Benutzung eines Raumluftentfeuchters) der maschinellen Trocknung vorzuziehen. Raumluftentfeuchter arbeiten nur in geschlossenen Räumen optimal. Zusätzlich sollten sie mit einer Feuchte- und Zeitsteuerung ausgestattet sein. Werden Trockner immer effizient, d. h. mit vorgesehener Beladung eingesetzt können bis zu 30 % Energie eingespart werden. Dies gilt sowohl für Wäschetrockner als auch für Trockenräume.

Der Aufwand für die Gästemitbestimmung beim Wäschewechsel ist sehr gering. Der Gast wird über die Aktion z. B. durch einen Aushang im Bad informiert. Um zu verhindern, dass die Wäsche nicht noch mehr verschmutzt wird und sich mit Wasser vollsaugt, ist sinnvoll z. B. unter dem Waschbecken kleine Wäschekörbe anzu-

bringen, in die die Handtücher abgelegt werden können. Bei der Auslastung der Waschmaschinen und der Trockner sind die Mitarbeitern der Wäscherei gefragt. Ggf. muss die Wäschemenge erhöht werden, damit immer genügend Frischwäsche zur Verfügung steht.

Tabelle 2.3-3: Energieverbrauch verschiedener Trockner

Gerät	Energieverbrauch in kWh je kg Wäsche
Trockenschrank	0,9
Abluft-Tumbler Kondensations-Tumbler	0,6-0,8
Raumluftentfeuchter	0,3-0,45

Quelle: Humm/Jehle 1996

2.4 Schulen

Bei dem Projekt „Energiesparen in Schulen durch Änderung des Nutzerverhaltens“ der Stadt Hannover sind im dritten Einsparjahr an insgesamt 82 Schulen 11,2 % (8.629 kWh) Wärme und 15,7 % (1.445.851 kWh) Strom eingespart worden (Daniels 1995). Dieses Beispiel verdeutlicht sehr gut, wie hoch das Einsparpotenzial an Schulen alleine durch das Nutzerverhalten ist.

2.4.1 Schulgebäude

Räumliche und zeitliche Konzentration von Veranstaltungen

Besonders Veranstaltungen, die in den Abendstunden im Schulgebäude stattfinden, wie z. B. Volkshochschulkurse oder Elternabende, sollten räumlich und zeitlich konzentriert werden. So braucht nur in einem Teil des Gebäudes das Licht brennen. Können einzelne Schulteile separat beheizt werden sollte dies berücksichtigt werden.

Sind in Fluren Bewegungsmelder oder Treppenhausautomaten eingebaut, ist die Einsparung bei der Beleuchtung sehr gering. Mit Ausbau der Gebäudeleittechnik ist damit zu rechnen, dass zunehmend einzelne Gebäudeteile sowohl in Bezug auf die Heizung, als auch bei der Beleuchtung separat geregelt werden können. Bei Schulen, wo ein solches System bereits installiert ist, ist der Einsparerfolg davon abhängig, wo in die Regelung eingegriffen werden kann. Ist dies nicht vor Ort möglich,

Tabelle 2.4-1: Verhaltensmaßnahmen in Schulen

Bereich	Maßnahme	Kommentar / Erklärung	**Einsparpotenzial** (Einzelpotenziale u. Beispielangaben)
Allgemein	Maßnahmen in den Bereichen Heizen, kontrollierte Lüftung und Klimatisierung, Luftheizung, Beleuchtung, Bürogeräte und Warmwasser	siehe Tabelle 2.1-1 Verhaltensmaßnahmen allgemein	
Schul-gebäude	räumliche und zeitliche Konzentration von Veranstaltungen,	Elternabende auf wenige Tage konzentrieren; Beleuchtung nur in bestimmten Gebäudeteilen notwendig	8 %
	Außenbeleuchtung nur bei Bedarf einschalten	volle Beleuchtung evtl. nur bei Abendveranstaltungen notwendig	6 %
Sport-halle	Warmwasserbereitung an die Nutzungszeiten anpassen		10 %
	Beleuchtung der Nutzung anpassen	nur Bereiche beleuchten, die auch genutzt werden: einzelne Hallenteile, einzelne Umkleidekabinen	15 %
	Reduzierung der Hallenbeleuchtung	bei normalem Sportbetrieb 2/3-Beleuchtung ansetzen, bei Sportwettkämpfen ganze Beleuchtung	50 %
	Korrekte Hallentemperatur einstellen	die DIN sieht spezielle Hallentemperaturen vor	10 %
	Minimierung der mechanischen Lüftung	raumlufttechnische Anlagen nur bei Temperaturen unter 16° C bzw. über 24° C einschalten	70 %

sondern nur z. B. in der technischen Leitzentrale im Hochbauamt, sind Änderungen bei kurzfristiger Verlegung einzelner Veranstaltungen nur schwer möglich. Um Ärger aus dem Weg zu gehen wird dann eher wieder mehr geheizt.

Das Einsparpotenzial im Bereich Heizung kann nur schwer beziffert werden, da die Maßnahme nur bei Schulen mit mehreren Heizkreisen zum Tragen kommt. Auch das Einsparpotenzial auf eine Schule bezogen kann nur schwer abgeschätzt werden, da es von vielen Rahmenbedingungen, wie z. B. der Heizungsregelung und dem Baukörper der Schule abhängt. Mit zunehmenden Modernisierungsgrad der Heizung lässt sich die Maßnahme leichter realisieren.

Diese Maßnahme wurde erst an wenigen Schulen umgesetzt, da sich Schulleitung und Elternschaft häufig dagegen aussprechen.

Vom Hausmeister sollte die korrekte Einstellung der Regelung regelmäßig kontrolliert werden. Diese Kontrolle muss mindestens vor und nach den Ferien und zu Beginn des 2. Schulhalbjahres erfolgen. Kühlt das Gebäude nur langsam aus, kann die Heizung 1-2 Stunden vor Ende der Veranstaltung heruntergefahren werden.

Um die Elternabende besonders räumlich zusammenzulegen bedarf es der Initiative mindestens auf Schulleiterebene. Da besonders die Eltern von Grundschülern sich in den Klassen ihrer Kinder treffen wollen muss hier ein Kompromiss gefunden werden. So ist z. B. möglich, dass vor Beginn oder nach Abschluss des Elternabends kurz der entsprechende Klassenraum aufgesucht wird.

Bei Volkshochschulkursen ist eine enge Zusammenarbeit mehrerer städtischer Ämter notwendig, um zu gewährleisten, dass die Kurse möglichst in einigen wenigen Schulen stattfinden, bei denen sich z. B. Gebäudeteile separat beheizen lassen. Hier sind zweimal jährlich Absprachen mit den zuständigen Mitarbeitern der Volkshochschule, des Hochbauamtes und ggf. weiterer Mitwirkende z. B. auf Stadtteilebene notwendig.

Außenbeleuchtung nur bei Bedarf einschalten

In der Regel ist es nicht notwendig, dass die Außenbeleuchtung die gesamte Nacht brennt. Vielfach ist es sogar so, dass die Beleuchtung Sprayern ihre Arbeit erleichtert. Ausnahme bilden Bereiche, wo die Außenbeleuchtung von Schulen und anderen öffentlichen Gebäuden gleichzeitig zur Beleuchtung öffentlicher Gehwege und Plätze dient.

In der Regel ist die Installation eines Bewegungsmelders mit Dämmerungsschalter sehr einfach und kostengünstig. So muss sich z. B. der Hausmeister nicht darum kümmern, dass das Licht abends abgeschaltet wird. Kompaktleuchtstofflampen können auch bei einer Außenbeleuchtung mit Bewegungsmelder eingesetzt werden.

Allerdings ist darauf zu achten, dass es sich um ein hochwertiges Produkt handelt, welches relativ unempfindlich auf häufiges An- und Ausschalten reagiert (Test Spezial 1998).

Das Einsparpotenzial dieser Maßnahme hängt vom Umfang der Außenbeleuchtung ab. Es kann sich dabei um den Austausch einiger weniger Glühlampen, bis zu vielen Leuchtstofflampen handeln. Diese Maßnahme ist an vielen Schulen bereits umgesetzt worden.

2.4.2 Sporthallen

Warmwasserbereitung an die Nutzungszeiten anpassen

In Turnhallen wird Warmwasser hauptsächlich in den Abendstunden vom Erwachsenensport benötigt. Zusätzlich benötigt das Reinigungspersonal Warmwasser. Die Schüler duschen erfahrungsgemäß wenig oder überhaupt nicht. Dies sollte bei der Bereitstellung von Warmwasser berücksichtigt werden. Der Warmwasserbedarf von Sporthallen liegt bei 50-70 l/Tag, Sportler.

Das Einsparpotenzial hängt von den Belegungszeiten der Sporthalle und der Größe und Dämmung des Speichers ab. Außerdem muss zwischen zentraler (Heizkessel) und dezentraler (Strom) Warmwasserbereitung unterschieden werden. In neueren Regelungen ist eine Zeitschaltuhr auch für die Warmwasserbereitung integriert die auch die Zirkulationspumpe abschaltet. Durch den weiteren technischen Fortschritt wird es einfacher, den Betrieb des Warmwasserspeichers an die Nutzung anzupassen. Trotzdem muss in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden, ob sich die Nutzungszeiten geändert haben.

Bei älteren Anlagen sollten Wochenzeitschaltuhren eingebaut werden, die auch den unterschiedlichen Bedarf an Wochenenden berücksichtigen können. Dabei ist darauf zu achten, dass auch die Zirkulationspumpe abgeschaltet wird. Diese Zeitschaltuhr muss regelmäßig vom Hausmeister kontrolliert und die Zeiten ggf. angepasst werden. Häufig ist es sinnvoll einige Versuche anzustellen, um die Schaltzeiten zu optimieren. So ist es ausreichend den Speicher nach Beendigung des vorletzten Trainings einmal aufzuheizen, damit die letzten Sportler noch duschen können. D. h., die Warmwasserbereitung kann bereits vor dem eigentlichen Trainingsschluss abgeschaltet werden.

Wird der Warmwasserspeicher mit Strom aufgeheizt, so hat sich der Einbau eines Schalters bewährt, der zu Beginn des Trainings betätigt wird und der die einmalige Aufheizung des Speichers zur Folge hat.

Beleuchtung der Nutzung anpassen

Die Beleuchtung in den Nebenräumen, wie Umkleiden, Duschen, WCs und Geräteräumen sollte nur brennen, wenn sie auch benötigt wird. Da sich niemand für die Beleuchtung verantwortlich fühlt, bleibt sie häufig brennen. Es ist schwer abzuschätzen, ob in Zukunft die Ausstattung solcher, relativ wenig benutzter Räume mit Bewegungsmelder signifikant zunimmt. Bisher ist dies nur selten der Fall. In einem Fall ist man dazu übergegangen, jedem Verein einen eigenen Stromzähler zu installieren, der mit einem Schlüsselschalter aktiviert wird. So ist es im Interesse der Nutzer möglichst viel Strom einzusparen.

Es gibt neuere Anwesenheitsmelder, die in den Lichtschalter innen an der Tür von Toilettenräumen integriert werden. Sie registrieren, wenn jemand den Raum betritt bzw. wieder verlässt. Das Licht bleibt so lange an, wie Geräusche empfangen werden. D. h., auch der Nutzer kann das Licht auf diese Weise aktivieren, sollte es trotzdem einmal ausgehen. Probleme gibt es in Räumen in denen von außen Geräusche eindringen.

Ein Hinweisschild kann die Nutzer daran erinnern bei Verlassen des Raumes das Licht auszuschalten. Der Nutzen dieser Maßnahme sollte allerdings regelmäßig überprüft werden. Eine Alternative sind Bewegungsmelder, die das Licht automatisch abschalten. Dies ist allerdings in verwinkelten Räumen nur mit erhöhtem Aufwand, also dem Einsatz mehrerer Bewegungsmelder möglich.

Reduzierung der Hallenbeleuchtung

Sporthallen, die für Wettkampfbetrieb ausgelegt wurden verfügen über eine Beleuchtungsschaltung für Training (200 lx) und eine Zusatzbeleuchtung für Wettkampfbetrieb (400 lx). Hallen neueren Datums haben häufig Beleuchtungsanlagen, die Leuchtstärken bis zu 600 lx ermöglichen. In der Regel ist auch beim Training die gesamte Beleuchtung an, da die Schalter von den Nutzern aus Gewohnheit aktiviert werden. Je nach Alter der Beleuchtungsanlage und ausgefallenen Leuchten ist jedoch die Trainingsbeleuchtung völlig ausreichend. Eine Ausnahme ist lediglich das Tischtennistraining.

Durch den Einbau von einer tageslichtabhängigen Beleuchtungssteuerung wurde bei Dreifeld-Sporthallen der Stromverbrauch um 50 % gesenkt. Bei Einfeld-Sporthallen lag die Ersparnis bei 30 %. Es ist davon auszugehen, dass das Einsparpotenzial bei entsprechendem Nutzerverhalten ähnlich hoch ist.

Damit die Beleuchtung nach Nutzungsende nicht unnötig brennt wurden in viele Turnhallen bereits Bewegungsmelder installiert. Einige dieser Regelanlagen sind zusätzlich mit Tageslichtsensoren ausgestattet. Dazu gibt es unterschiedliche Ausführungen, was die Automatik anbelangt. So gibt es Systeme, die über Schlüssel-

schalter die Wettkampfbeleuchtung aktivieren. Nachts wird diese Freischaltung, ebenso wie eine Deaktivierung des Bewegungsmelders (für Joga) automatisch zurückgenommen.

Die einfachste Möglichkeit ist, die eindeutige Beschriftung der Schalter und das Anhalten der Nutzer die gesamte Beleuchtung nur bei Wettkämpfen anzuschalten. Diese Sparmaßnahme führt aber nicht immer zu dem gewünschten Erfolg. Die Alternativen sind, je nach Rahmenbedingungen, der Einbau eines Schlüsselschalters für die Wettkampfbeleuchtung oder der Einbau einer Zeitschaltuhr, die die Vollbeleuchtung nur am Wochenende, wenn Wettkämpfe stattfinden, freischaltet.

Bei Sporthallen mit natürlichem Lichteinfall sollten die Nutzer darauf hingewiesen werden, bei ausreichendem Licht die Beleuchtung auszuschalten. Dies wird in Zukunft durch die Kopplung mit Dämmerungsschaltern zunehmend überflüssig.

Korrekte Hallentemperatur einstellen

Die DIN sieht eine Temperatur von 17 °C für Sporthallen vor. Für bestimmte Sportarten, wie z. B. Yoga oder Eltern-Kind-Turnen können allerdings höhere Temperaturen sinnvoll sein. Diese Sportarten sollten dann wenn möglich zeitlich konzentriert werden. Anschließend ist die Temperatur wieder abzusenken. Ggf. sollte die Regelung der Heizung entsprechend korrigiert werden. Manchmal sind zu niedrige Temperaturen auf Fenster zurückzuführen, die über Nacht auf Kipp stehen. Mit einem Ausbau der Gebäudeleittechnik wird sich die Überprüfung der Temperaturen vereinfachen und auch intensiver möglich sein.

Sollte die Halle nicht über einen Raumthermostaten verfügen, was selten vorkommt, ist diese Maßnahme sehr aufwendig. Sonst sollten die Temperaturen zu Beginn der Heizperiode vom Hausmeister oder z. B. auch von den Schülern überprüft werden. Manchmal sind die Thermostate für die Nutzer frei zugänglich. Dies führt dazu, dass diese manchmal auf eine höhere Temperatur eingestellt werden.

Minimierung der mechanischen Lüftung

Sporthallen mit raumlufttechnischen Anlagen sollten nur bei Außentemperaturen unter 16°C laufen. Gibt es in der Halle nicht die Möglichkeit einer natürlichen Lüftung sollte eine Zwangslüftung erst bei Temperaturen über 24 °C einsetzen.

Verfügt die Lüftungsanlage über neuere, mehrstufige Ventilatoren können diese häufig in der niedrigeren Stufe betrieben werden. Neuanlagen verfügen über frequenzgesteuerte Ventilatoren, die ihre Drehzahl bedarfsgerecht ändern. Verfügt die Regelung nicht über einen Außentemperaturfühler, verlangt diese Einsparmaßnahme ein hohes Engagement vom Hausmeister oder Maschinenwart.

Enthält die Lüftungsanlage mehrstufige Ventilatoren sollte geprüft werden, wann es ausreicht diese Ventilatoren in der untersten Stufe laufen zu lassen. Das Ergebnis sollte ausführlich dokumentiert werden.

Bei den weiteren Verbesserungen der Regeltechnik, die in den nächsten Jahren zu erwarten sind, ist damit zu rechnen, dass die Benutzerfreundlichkeit weiter erhöht wird. Eine regelmäßige Kontrolle, ob die Einstellungen noch stimmen, muss jedoch weiterhin vor Ort vorgenommen werden.

2.5 Zusammenfassung und Relevanz der Einzelpotenziale

Grundlage für die Maßnahmenauswahl sollte auch ein Überblick über die relevante energietechnische Ausstattung und die bisherige Energiesparaktivität der Betriebe sein. Hierzu wurde im Rahmen der Studie keine eigene Erhebung durchgeführt, da diese angesichts des heterogenen Sektors zu kostenaufwendig gewesen wäre. Statt dessen wurden Experten befragt, und es wurden aktuelle Ergebnisse einer Untersuchung des Kleinverbrauchssektors herangezogen (Geiger/Gruber/Megele 1999). Sie beruhen auf einer Befragung in 2.848 Arbeitsstätten, unterteilt nach 23 Subsektoren, die 1995/96 durchgeführt wurde.

Nach den Angaben der Betriebe ist knapp ein Viertel der Heizkessel älter als 15 Jahre. Ein Großteil dürfte überdimensioniert sein: Zwei Drittel erzeugen eine Wärmeleistung von mehr als 100 W/m^2 beheizte Fläche, wobei die Verwendung der Heizenergie für Prozesswärme mit rund 15 % im Kleinverbrauch relativ gering ist. 38 % der Arbeitsstätten verfügen über eine Außentemperatursteuerung und 43 % praktizieren eine Nacht- und Wochenendabsenkung der Vorlauftemperaturen. 67 % der Arbeitsstätten im Kleinverbrauch sind mit Thermostatventilen an den Heizkörpern, 23 % mit Einzelraum- und 12 % mit einer Zentralregelung ausgestattet; 9 % haben keinerlei Regelungsmöglichkeit.

Klimaanlagen oder einzelne Klimageräte betreiben im Durchschnitt 12 % der Arbeitsstätten; vor allem in der Branche Banken und Versicherungen sind Gebäude oder Etagen klimatisiert (24 %). Kleinklimageräte für einzelne Räume sind relativ selten anzutreffen, und zwar in knapp 2 % der Arbeitsstätten. Die Leistungsangaben zu den Klimaanlagen sind kaum auszuwerten; hier mangelte es häufig am technischen Verständnis der Befragten.

Der Warmwasserverbrauch ist in den hier näher untersuchten Bereichen Lebensmittelhandel, Hotels/Gaststätten, Verwaltungen/Bürobetriebe und Schulen – in denen 1.162 Befragte vertreten waren – sehr unterschiedlich: Er liegt zwischen 2,6 Litern pro Tag und Beschäftigten in Schulen und 193 Litern in Hotels; im Durchschnitt sind es 42 Liter. Die Warmwasser-Temperatur liegt zwischen 50 °C (Büro-

betriebe) und 58 °C (Gaststätten). 60 % des Warmwassers werden im Durchschnitt zentral und 40 % dezentral erzeugt.

Kühl- und Gefrieranlagen sind am häufigsten im Lebensmittel-Einzelhandel anzutreffen. Es sind vor allem Kühltheken und Kühlregale mit Temperaturen zwischen +2 und +8 °C für die Präsentation von Waren sowie in geringerer Stückzahl Gefriertruhen und Gefrierschränke mit Temperaturen zwischen -17 und -21 °C für die langfristige Lagerung von Lebensmitteln.

Der Großteil der Beleuchtungsanlagen ist jünger als 12 Jahre, jedoch rund 12 % sind älter als 20 Jahre. Über alle Branchen liegt die Beleuchtungsleistung in Büroräumen durchschnittlich bei 12,4 W/m^2 Nutzfläche, in Verkaufsräumen bei knapp 16 W/m^2. Nur 14 % der Betriebe verfügen über eine Helligkeitssteuerung; bei den meisten ist dies eine manuelle Steuerung z. B. ein Dimmer.

Die Ausstattung mit Bürogeräten ist in den einzelnen Branchen sehr unterschiedlich: So kommen in Banken und Versicherungen durchschnittlich 2,8 Beschäftigte auf einen PC und 7,1 auf einen Laserdrucker, demgegenüber sind es 10 bzw. 24 Beschäftigte im Einzelhandel (Tabelle 2.5-1).

Tabelle 2.5-1: Bürogeräte-Ausstattung der Betriebe im Kleinverbrauch (1996)

	Beschäftigte pro Gerät			
	PC	**Laserdrucker**	**Kopierer**	
			Standgeräte	**Tischgeräte**
Einzelhandel	10,0	23,9	26,5	50,2
Banken/Versicherungen	2,8	7,1	23,3	26,3
Hotels	9,0	15,9	47,4	21,3
Gaststätten	11,1	15,6	38,0	k. A.
Verlagsgewerbe	3,9	15,3	27,6	31,7
Sonst. Dienstleistung	3,6	6,9	17,8	15,2
Org. o. Erwerbszweck	7,3	10,4	18,0	51,3
Öffentl. Einrichtungen	4,0	9,3	24,8	25,7
Schulen	2,8	11,2	42,5	48,3

Quelle: Geiger/Gruber/Megele 1999

Die Ergebnisse der Befragung im Kleinverbrauchssektor sind auch in die IKARUS-Datenbank eingeflossen und werden insofern bei den Berechnungen berücksichtigt, die in Kapitel 3 dargelegt sind.

Im Folgenden werden die Einzelpotenziale tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 2.5-2: Verhaltensmaßnahmen allgemein – Relevanz in den Sektoren (Rahmenbedingungen und Aufwand) (Stand 25.8.99)

BEREICH	MASSNAHME	Schulen			Hotels und Gaststätten			Lebensmittel-Einzelhandel			Verwaltungen, Bürobetrieb		
		Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer
Heizen	Absenkung der Raumtemperatur (Richtige Wahl der Raumtemperatur)	6 % bei 1 °C Absenkung		O: mittel	6 % bei 1 °C Absenkung	speziell Hotel-zimmer	O: mittel	6 % bei 1 °C Absenkung	Lager, Büro, Verk.raum	O: mittel	6 % bei 1 °C Absenkung		O: mittel N: mittel
	Berücksichtigung interner und exter-ner Wärmequellen	6 % bei 1 °C Absenkung		O: groß	6 % bei 1 °C Absenkung	Gast- und Konferenz-räume	O: groß	6 % bei 1 °C Absenkung	Lager, Büro, Verk.raum	O: groß	6 % bei 1 °C Absenkung		O: groß
	Reduzierung der Vorlauftemperaturen der Heizungsanlagen	5-10 %		O: mittel	5-10 %		O: mittel	5-10 %		O: mittel	5-10 %		O: mittel
	Nachtabsenkung, Wochenendab-senkung	5-8 %	abhängig vom Bele-gungsplan	O: mittel	5-8 %	Nur Nacht-absenkung	O: mittel	5-8 %		O: mittel	5-8 %		O: mittel
	regelmäßige, vorschriftsmäßige Wartung und Instandhaltung der Heizungsanlage	5-10 %		O: gering	5-10 %		O: gering	5-10 %		O: gering	5-10 %		O: gering
	Wärmestau bei Heizkörpern vermeiden	5 %	tritt haupts. bei Grund-schulen und Kin-dergärten auf	O: gering N: gering	5 %		O: gering N: gering	5 %	wenige Heizkörp. installiert	O: gering	5 %		O: gering N: gering
	Heizkörper-Nischendämmung	2-4 %	nur sinnvoll wenn Abbau des Heizkör-pers un-nötig	O: groß	2-4 %	nur sinnvoll wenn Abbau des Heizkör-pers unnötig	O: groß	2-4 %	nur sinnvoll wenn Abbau des Heizkör-pers unnötig	O: groß	2-4 %	nur sinnvoll wenn Abbau des Heizkör-pers un-nötig	O: groß
	Rohrleitungen in ungeheizten Räumen dämmen	2-4 %		O: mittel	2-4 %		O: mittel	2-4 %		O: mittel	2-4 %		O: mittel
	In Heizperioden Türen und Fenster schließen	? %	ggf. autom. Türschlie-ßer	O: mittel N: gering	? %		O: mittel N: gering	? %	Lager, Büro, Verkaufsr.	O: mittel	? %		O: mittel N: gering

BEREICH	MASSNAHME	Schulen			Hotels und Gaststätten			Lebensmittel-Einzelhandel			Verwaltungen, Bürobetrieb		
		Einzel-Einspar-potenzial	**Rahmen-bedin-gung**	**Aufwand** O=Organis., N=Nutzer	**Einzel-Einspar-potenzial**	**Rahmen-bedin-gung**	**Aufwand** O=Organis., N=Nutzer	**Einzel-Einspar-potenzial**	**Rahmen-bedin-gung**	**Aufwand** O=Organis., N=Nutzer	**Einzel-Einspar-potenzial**	**Rahmen-bedin-gung**	**Aufwand** O=Organis., N=Nutzer
	Richtiges Lüften (Stoßlüftung)	? %	vor allem in Unter-richtspau-sen	O: mittel N: gering	? %	Hinweise für Hotel-gäste und Personal	O: mittel N: gering	? %		O: mittel N: gering	? %		O: mittel N: gering
	Einzelregelungen nutzen (Thermos-tatventile)	4-8 %		O: mittel N: gering	4-8 %		O: mittel N: gering	4-8 %	nur Büro, Lager	O: mittel N: gering	4-8 %		O: mittel N: gering
	Verringerung der Drehzahl der Hei-zungspumpen	40 %	Nur bei mehrstufi-gen Pum-pen mög-lich	O: gering	40 %	Nur bei mehrstufi-gen Pum-pen mög-lich	O: gering	40 %	Nur bei mehrstufi-gen Pum-pen mög-lich	O: gering	40 %	Nur bei mehrstufi-gen Pum-pen mög-lich	O: gering
	Heizungspumpen abschalten	Sommer ca. 40 % Winter ca. 20 %	Erfolgt bei neuen Systemen automa-tisch	O: gering	Sommer ca. 40 % Winter ca. 20 %	Erfolgt bei neuen Systemen automa-tisch	O: gering	Sommer ca. 40 % Winter ca. 20 %	Erfolgt bei neuen Systemen automa-tisch	O: gering	Sommer ca. 40 % Winter ca. 20 %	Erfolgt bei neuen Systemen automa-tisch	O: gering
	Verzicht auf elektrische Zusatzgeräte	100 %	Ausnahme: Schulleiter-zimmer in den Ferien	N: gering	100 %		N: gering	100 %	Ausnahme: Kassenbe-reich	N: gering	100 %		N: gering
Lüftung und Klimati-sierung	regelmäßige Wartung und Instand-haltung der Lüftungs- und Klimaan-lage	bis 20 %		O: gering	bis 20 %		O: gering	bis 20 %		O: gering	bis 20 %		O: gering
	bedarfsgerechter Betrieb der Lüf-tungs- und Klimaanlage	20-70 %		O: mittel	20-70 %		O: mittel	20-70 %		O: mittel	20-70 %		O: mittel
	Optimierung der Betriebstemperatur	20 %		O: mittel	20 %		O: mittel	20 %		O: mittel	20-25 %	20 % Büroraum 25 % Rechner-raum	O: mittel
	wärmeerzeugende Geräte räumlich konzentrieren	nicht relevant			10 %	Küche	O: groß	10 %	Kühlmöbel	O: mittel	nicht praktikabel		

BEREICH	MASSNAHME	Schulen			Hotels und Gaststätten			Lebensmittel-Einzelhandel			Verwaltungen, Bürobetrieb		
		Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einspar-potenzial	Rahmen-bedin-gung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer
Beleuchtung	Ersetzen von Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen („Energie-sparlampen“)	bis 80 %		O: gering	bis 80 %		O: gering	bis 80 %		O: gering	bis 80 %		O: gering
	Ersetzen von herkömmlichen Leucht-stofflampen durch moderne	25 %		O: gering	25 %	besonders Konferenz-räume	O: gering	25 %		O: gering	25 %		O: gering
	Anzahl der Lampen reduzieren wenn Helligkeitsrichtwert überschritten ist	20 %		O: gering	20 %	besonders Konferenz-räume	O: gering	20 %	unter-schiedliche Beleuch-tungszonen in einem Raum	O: gering	20 %	hohe Anforde-rungen an Komfort	O: gering
	Selektives Zu- und Abschalten der Beleuchtung	25 %		O: groß N: gering	25 %		O: groß N: gering	25 %	Lager, Büro	O: groß N: gering	25 %		O: groß N: gering
	Beleuchtungsregelungen anwenden – Einsatz von Zusatzgeräten	50 %	ggf. nach-rüsten	O: mittel N: gering	50 %	ggf. nach-rüsten	O: mittel N: gering	50 %	ggf. nach-rüsten	O: mittel N: gering	50 %	ggf. nach-rüsten	O: mittel N: gering
	Reflektoren und Lampen regelmäßig reinigen	10 %	indirekte Einsparung	O: mittel	10 %	indirekte Einsparung	O: mittel	10 %	indirekte Einsparung	O: mittel	10 %	indirekte Einsparung	O: mittel
Büro-/Elek-trogeräte	konsequentes Abschalten von Büro-geräten in Pausen und nach der Arbeitszeit	bis über 50 %	Verwaltung, EDV	N: gering	bis über 50 %	Büro, Rezeption, Internet-räume	N: gering	bis über 50 %	Bürobe-reich	N: gering	bis über 50 %		N: gering
	einfache Bildschirmschoner verwen-den	5 %	Verwaltung, EDV	O oder N: gering	5 %	Büro, Rezeption, Internet-räume	O oder N: gering	5 %	Bürobe-reich	O oder N: gering	5 %		O oder N: gering
	Powermanagement nutzen	bis 30 %	Verwaltung, EDV	O oder N: gering	bis 30 %	Büro, Rezeption, Internet-räume	O oder N: gering	bis 30 %	Bürobe-reich	O oder N: gering	bis 30 %		O oder N: gering
	Steckernetzteile vom Netz trennen	8-10 %	Verwaltung, EDV	O: gering N: gering	8-10 %	Büro; auch TV	O: gering N: gering	8-10 %	Bürobe-reich	O: gering N: gering	8-10 %		O: gering N: gering
	Energiespargeräte (Zusatzgeräte) einsetzen	bis 75 %	Verwaltung, EDV	O: gering	bis 75 %	Bürobe-reich	O: gering	bis 75 %	Bürobe-reich	O: gering	bis 75 %		O: gering

BEREICH	MASSNAHME	Schulen			Hotels und Gaststätten			Lebensmittel-Einzelhandel			Verwaltungen, Bürobetrieb		
		Einzel-Einsparpotenzial	Rahmenbedingung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einsparpotenzial	Rahmenbedingung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einsparpotenzial	Rahmenbedingung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer	Einzel-Einsparpotenzial	Rahmenbedingung	Aufwand O=Organis., N=Nutzer
	Schaltuhren einsetzen/Arbeitsorganisation	20-50 %	Verwaltung, EDV	O: gering	20-50 %	Büro, ggf. Rezeption	O: gering	20-50 %	Bürobereich	O: gering	20-50 %		O: gering
	Sparschalter am Gerät nutzen/aktivieren	20-50 %	Verwaltung, EDV	N: gering	20-50 %	Bürobereich	N: gering	20-50 %	Bürobereich	N: gering	20-50 %		N: gering
Warmwasser	Senkung der Warmwassertemperatur auf Solltemperatur 60 °C	10 % bei 5 °C Absenkung	vorrangig Turnhallen	O: gering	10 % bei 5 °C Absenkung		O: gering	10 % bei 5 °C Absenkung		O: gering	10 % bei 5 °C Absenkung		O: gering
	Einsatz von Zeitschaltuhren	bis 80 %	feste Nutzungszeiten notwendig	O: mittel	bis 80 %	evtl. nicht möglich in Gästezimmern	O: mittel	80 %		O: mittel	80 %	Kernarbeitszeiten berücksichtigen	O: gering
	Einsatz von Thermo-Stopp-Geräten (als Zusatz montiert)	80 %		O: mittel N: gering	nicht relevant			80 %		O: mittel N: gering	80 %		O: mittel N: gering
	Reduzierung der Durchflussmengen	30 %		O: gering	30 %		O: gering	30 %		O: gering	30 %		O: gering
	Bewusstes Nutzerverhalten	50 %	Verwaltung, Lehrerzimmer, Cafeteria	O: gering N: gering	50 %	O: gering N: gering		50 %		O: gering N: gering	50 %		O: gering N: gering

3 Abschätzung der Verhaltenswirkungen mit IKARUS

Die Potenzialabschätzung des Einflusses des Verbraucherverhaltens auf den Endenergiebedarf baut auf den Ergebnissen des IKARUS-Projekts, Teilprojekt 5 (Haushalt und Kleinverbrauch) auf (IKARUS 1999).

3.1 Raumwärme

Alle Kennwerte zu den Gebäuden, der Heizungstechnik und den Verteilungssystemen sind der IKARUS-Datenbank entnommen. Die Ermittlung des Nettoheizwärmebedarfs, der Verteilungs- und Umwandlungsverluste sowie des Endenergiebedarfs ist mit dem in die IKARUS-Datenbank integrierten „Raumwärmetool“ durchgeführt worden.

Im IKARUS-Projekt wird der Bestand der Nettogrundfläche des Sektors Kleinverbrauch durch insgesamt 28 Typgebäude des Nichtwohnbereichs dargestellt. Zur Potenzialabschätzung des Verbraucherverhaltens werden davon vier Typgebäude einbezogen:

- N06 überwiegend als Lebensmittelfiliale genutzt
- N14 überwiegend als Hotel/Gaststätte genutzt
- N09 überwiegend als Verwaltungsgebäude genutzt
- N19 überwiegend als Schule genutzt.

Für jedes der vier Typgebäude wird der **Gebäudebestand**, der **Neubau bis zum Jahr 2005** und der **Neubau bis zum Jahr 2020** untersucht. Der Gebäudebestand gibt den derzeitig mittleren wärmetechnischen Zustand wieder. Gebäude des Neubaus bis zum Jahr 2005 entsprechen dem wärmetechnischen Standard der Wärmeschutzverordnung 1995, der Neubau bis zum Jahr 2020 der Energiesparverordnung 2000.

3.1.1 Methodik und Rahmendaten

Untersuchte Typgebäude

In der IKARUS-Datenbank werden Nichtwohngebäude in bis zu vier Baualtersklassen untergliedert, die sich an dem Inkrafttreten wichtiger Wärmeschutzrichtlinien orientieren:

bis 1952	Baualtersklasse A
1952 – 1977	Baualtersklasse B
1978 – 1995	Baualtersklasse C
Neubau	Baualtersklasse D.

Die Typgebäude des Bestandes können aus bis zu drei Baualtersklassen bestehen. Gemäß der IKARUS-Datenbank setzen sich die untersuchten Typgebäude N06 und N14 nur aus der Baualtersklasse C und die Typgebäude N09 und N19 aus den Baualtersklassen B und C zusammen:

Tabelle 3.1-1: Baualtersklassen der untersuchten Nichtwohngebäude

Untersuchte Typgebäude		Baualtersklasse
überwiegend Lebensmittelfiliale	N06	C
überwiegend Hotel/Gaststätte	N14	C
überwiegend Verwaltungsgebäude	N09	B und C
überwiegend Schule	N19	B und C

Tabelle 3.1-2 enthält die den untersuchten Typgebäuden zugehörige Nutzfläche. Das Typgebäude N19 hat z. B. einen Anteil von 1,8 % an der Gesamtnettogrundfläche des Sektors Kleinverbraucher. 87 % der Nutzfläche des Typgebäudes N19 sind der Branche „Schulen" zugeteilt. Dem Typgebäude N09-Verwaltungsgebäude sind hier die Branchen „Gebietskörperschaften", „Banken und Versicherungen" und „Organisationen ohne Erwerbszweck" zugeordnet.

Tabelle 3.1-2: Flächenzuordnung der Typgebäude des Gebäudebestandes

Untersuchte Typgebäude	Nutzfläche des Typgebäudes im Sektor Kleinverbraucher		Nutzfläche des Typgebäudes in den zugehörigen Branchen	
	1.000 m²	%	1.000 m²	%
N06	59.981	6,5	38.408	64,0
N14	21.243	2,3	10.095	47,5
N09	75.326	8,1	34.245	45,5
N19	16.373	1,8	14.244	87,0
Gesamtnettogrundfläche des Bereichs Kleinverbrauch: 926.584.000 m²				

Gemäß der Aufteilung im IKARUS-Projekt wird die Nutzfläche der Branchen jeweils durch mehrere Typgebäude dargestellt. Z. B. enthält die Branche „Handel" 11 verschiedene Typgebäude. Tabelle 3.1-3 enthält die Flächenanteile der untersuchten Typgebäude an den jeweiligen Branchen. Das Typgebäude N06, dessen Nutzfläche zu 64 % der Branche „Handel" zugeteilt ist, hat einen Flächenanteil von 19 % an dieser Branche.

Tabelle 3.1-3: Flächenanteile der Typgebäude an den zugehörigen Branchen

Untersuchte Typgebäude	Zugehörige Branchen	Flächenanteil des Typgebäudes an der zugehörigen Branche	
		1.000 m²	%
N06	Handel	38.408	19
N14	Gastgewerbe	10.095	18
	Gebietskörperschaften	21.230	23
N09	Banken, Versicherungen	5.221	22
	Organisationen ohne Erwerbszweck	7.794	11
N19	Schulen	14.244	13

Tabelle 3.1-4 enthält die geometrischen und wärmetechnischen Kennwerte für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte, die für die Untersuchung herangezogen wurden. Die Tabellen A-1 bis A-4 des Anhangs enthalten die geometrischen und wärmetechnischen Kennwerte aller vier Typgebäude des Gebäudebestands.

Tabelle 3.1-4: Geometrische und wärmetechnische Kennwerte des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte

Geometrische Kennwerte: Hotel/Gaststätte		
Bruttorauminhalt des Gebäudes	11900	m^3
Nettorauminhalt des Gebäudes	9100	m^3
Energiebezugsfläche des Gebäudes (Nettogrundfläche)	3250	m^2
Oberflächen/Volumen-Verhältnis des Gebäudes (A/V)	0,39	1/m
Fläche des Daches bzw. der Dachgeschossdecke	1290	m^2
Außenwandfläche (ohne Heizkörpernischen)	1700	m^2
Kellerdeckenfläche	1170	m^2
Fensterfläche gesamt	510	m^2
Wärmetechnische Kennwerte		
mittlerer Luftwechsel pro Stunde	2,2	1/h
km-Wert (mittlerer gewichteter k-Wert der Gebäudehülle)	0,76	W/m²K
k-Wert des Daches bzw. der Dachgeschossdecke	0,3	W/m²K
k-Wert der Außenwände	0,8	W/m²K
k-Wert der Kellerdecke	0,8	W/m²K
k-Wert der Fenster	2,79	W/m²K
Gesamtenergiedurchlassgrad der Fenster	0,52	
Raumtemperatur (Gebäudemittel): Tagsoll	22	°C
Raumtemperatur (Gebäudemittel): Nachtsoll	14	°C
Nachtabsenkung (Mittelwert pro Tag während Heizperiode)	12	h

Standardvorgaben für die Ermittlung des Raumwärmebedarfs

Die **Raumtemperatur** muss sowohl räumlich – über das gesamte Gebäude (soweit dieses als ein Gebäude mit nur einer Temperaturzone betrachtet wird) – als auch zeitlich über die gesamte Hauptnutzungszeit während der Heizperiode gemittelt werden. Für die Hochrechnung wird gemäß den Vorgaben der IKARUS-Datenbank für den **Standardfall** bei Typgebäuden N09 und N19 mit **21 °C**, beim Typgebäude N14 mit **22 °C** und beim Typgebäude N06 mit **19 °C** mittlerer Raumtemperatur angesetzt.

Im Vergleich zu Wohngebäuden ergibt sich für die Typgebäude N09-Verwaltungsgebäude und N19-Schule im Mittel eine höhere Temperatur, da angenommen werden kann, dass die Raumtemperatur während des gesamten Nutzungszeitraums konstant gehalten wird, während in Wohngebäuden eine Temperaturabsenkung auch während des Tages in Betracht kommt. Beim Typgebäude N06-Lebensmittelhandel wird aus lagerungstechnischen und verkaufsstrategischen Gründen eine niedrigere Raumtemperatur bevorzugt, die mit 19 °C angenommen wurde. Für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte wurde dagegen ein erhöhter Raumtemperaturwert angenommen, da in diesem Bereich besonders darauf geachtet wird, eine behagliche Temperatur in allen Räumen während des ganzen Tages sicherzustellen.

Von Mitte April bis Mitte September wird von einer Heizungsabschaltung ausgegangen.

Für die Hochrechnung wird für den **Standardfall** ein **mittlerer Luftwechsel** von **0,7 h^{-1}** auf den gesamten Nettorauminhalt angesetzt. Da **Hotels** und **Gaststätten** in der Regel mit einer raumlufttechnischen Anlage ausgestattet sind, ist beim Typgebäude N14 ein erhöhter **mittlerer Luftwechsel** von **2,2 h^{-1}** angesetzt.

Varianten des Verbraucherverhaltens

Um die verhaltensbedingten Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf zur untersuchen, wird ausgehend von den Standardwerten eine Variation der Parameter Rauminnentemperatur, Luftwechselrate und Beheizungsumfang untersucht.

Tabelle 3.1-5 enthält die Standardwerte und die Varianten der drei Parameter. Für die **mittlere Raumtemperatur** wird einerseits eine um **-2 K** verminderte Raumtemperatur und andererseits die Erhöhung der mittleren Raumtemperatur um **+2 K** und **+4 K** angesetzt.

Ausgehend von den Standardwerten werden die Variationen mit einem **erhöhten Luftwechsel** (3/2 des Standardwertes) und einem **erniedrigten Luftwechsel** (2/3 des Standardwertes) betrachtet.

Für alle Typgebäude werden drei Varianten des **Beheizungsumfangs** untersucht: der Standardfall und die Fälle des verminderten Beiheizungsumfangs um **-20 %** bzw. **-40 %**.

Tabelle 3.1-5: Varianten der untersuchten Parameter

		Parameter	Standard-wert	Varianten		
		Raumtemperatur				
Lebensmittelfiliale	**N06**		19,0 °C	-2 K	+2 K	+4 K
Hotel/Gaststätte	**N14**		22,0 °C	-2 K	+2 K	+4 K
Verwaltungsgebäude	**N09**		21,0 °C	-2 K	+2 K	+4 K
Schule	**N19**		21,0 °C	-2 K	+2 K	+4 K
Alle Typgebäude		**reduzierter Beheizungsumfang**	±0 %	-20 %	-40 %	
		Luftwechselrate				
Lebensmittelfiliale	**N06**		0,7 h^{-1}	-33 %	+50 %	
Hotel/Gaststätte	**N14**		2,2 h^{-1}	-33 %	+50 %	
Verwaltungsgebäude	**N09**		0,7 h^{-1}	-33 %	+50 %	
Schule	**N19**		0,7 h^{-1}	-33 %	+50 %	

3.1.2 Spezifischer Jahresheizwärmebedarf

Nach DIN 4108-6 ist der Heizwärmebedarf die berechnete Energiemenge, die dem Gebäude zugeführt werden muss, um die angesetzte Solltemperatur aufrecht zu erhalten.

Standardfall

Ausgehend von den in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Standardvorgaben wird für die Typgebäude jeweils der spezifische Jahresheizwärmebedarf bestimmt. Hierfür wird das in der DIN 4108-6 und DIN EN 823 beschriebene Monatsbilanzierungsverfahren herangezogen, welches sowohl die bauphysikalischen Vorgaben als auch die nutzerbedingten Einflüsse berücksichtigt. Als klimatische Datenbasis werden die Temperatur- und Sonneneinstrahlwerte des Testreferenzjahres Würzburg verwendet, das am besten die mittleren klimatischen Verhältnisse der Bundesrepublik Deutschland widerspiegelt.

Die Werte des spezifischen Jahresheizwärmebedarfs sind in Tabelle 3.1-6 enthalten. Der Jahresheizwärmebedarf der Typgebäude N06, N09 und N10 des Neubaube-

reichs ist aufgrund des verbesserten Dämmstandards deutlich geringer. Beim Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte ist die Verminderung nicht so deutlich wie bei den übrigen drei Typgebäuden, da hier trotz der sehr guten Dämmung der Hüllelemente die Verluste durch den Luftwechsel dominierend sind.

Die ermittelten Ergebnisse der vier Typgebäude sind sehr unterschiedlich, da die angesetzte Nutzungsart sehr verschieden ist. Das Typgebäude N06 hat den niedrigsten spezifischen Jahresheizwärmebedarf. Dies liegt u. a. daran, dass die angesetzte Raumsolltemperatur mit 19 °C am geringsten ist (siehe Abschnitt 3.1.1). Das Typgebäude N19-Schule weist den zweitniedrigsten Heizwärmebedarf auf. Der spezifische Heizwärmebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte ist hier am größten, da eine erhöhte Raumsolltemperatur und die hohe Luftwechselrate, bedingt durch den Einsatz einer raumlufttechnischen Anlage, zu einem erhöhten Jahresheizwärmebedarf führen.

Tabelle 3.1-6: Spezifischer Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Typgebäude im Standardfall

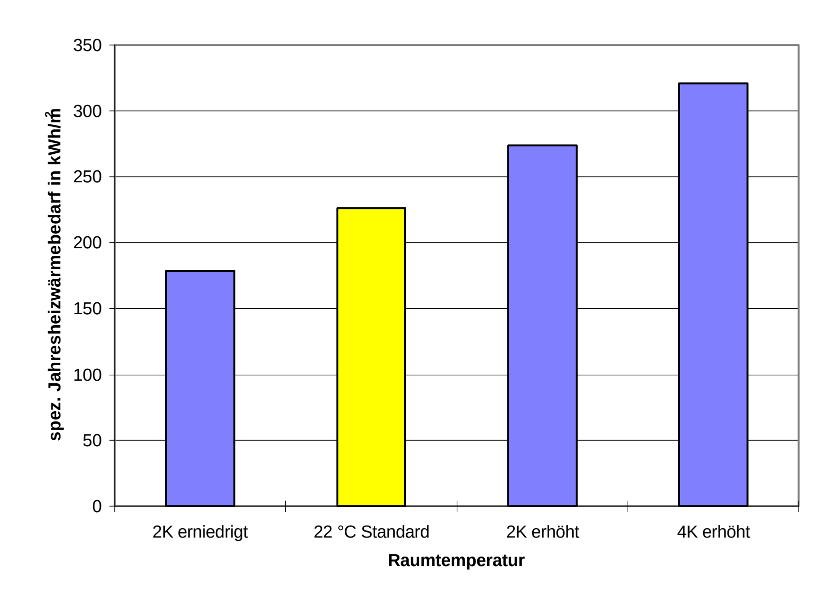
Typgebäude		**Spez. Jahresheizwärmebedarf in kWh/(m² a)**		
		Bestand	**Neubau –2005**	**Neubau –2020**
Lebensmittelfiliale	**N06**	116,5	81,3	67,5
Hotel/Gaststätte	**N14**	226,3	187,7	173,8
Verwaltungsgebäude	**N09**	161,3	75,2	61,9
Schule	**N19**	146,4	83,4	75,4

Spezifischer Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Varianten

Die Abbildungen 3.1-1 bis 3.1-3 enthalten die ermittelten Werte des spezifischen Jahresheizwärmebedarfs für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätten für die Variation der drei Parameter Raumsolltemperatur, Luftwechselrate und Beheizungsumfang.

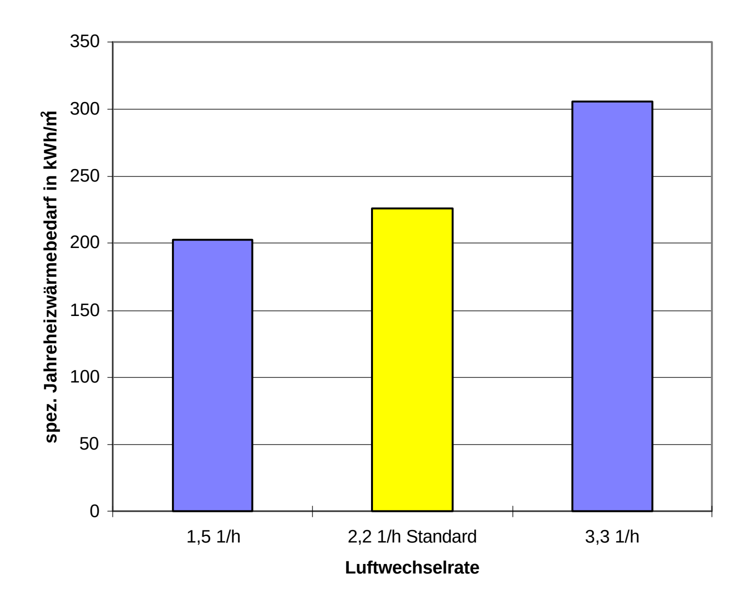
Änderungen der mittleren Rauminnentemperatur haben deutliche Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf: Eine Erhöhung bzw. Verminderung um 2 K bewirkt eine Änderung des spezifischen Heizwärmebedarfs um 21 %. Die Anhebung der Rauminnentemperatur um 4 K bewirkt einen Anstieg des spezifischen Heizwärmebedarfs um 42 %.

Abbildung 3.1-1: Einfluss der angesetzten Raumtemperatur auf den spezifischen Heizwärmebedarf für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte



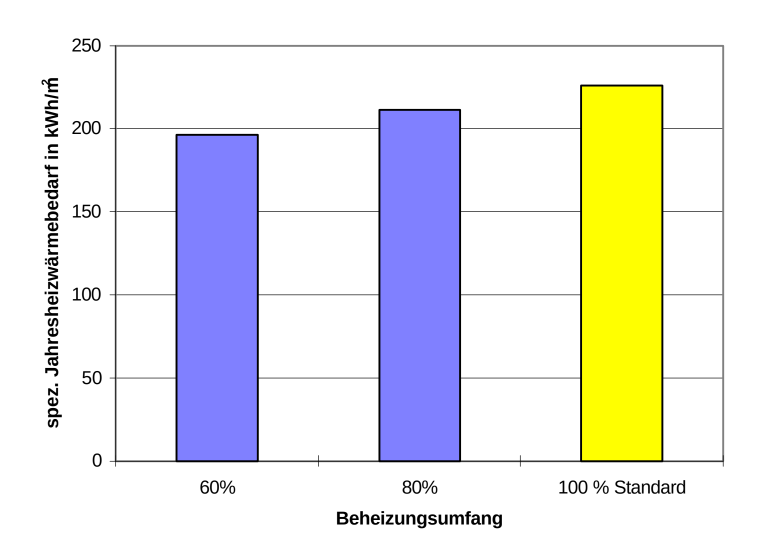
Die Reduktion der Luftwechselrate um 33 % vermindert den Heizwärmebedarf um 10,4 %, eine Erhöhung des Luftwechsels um 50 % bewirkt ein Steigerung des Heizwärmebedarfs um 35 %.

Abbildung 3.1-2: Einfluss der angesetzten Luftwechselrate auf den spezifischen Heizwärmebedarf für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte



Die Verminderung des Beheizungsumfangs um 20 % bzw. 40 % bewirkt lediglich eine Verminderung des Heizwärmebedarfs um 6,6 % bzw. 13,2 %. Dies ist damit zu begründen, dass die ungeheizten Räume indirekt von den benachbarten Räumen durch Wärmetransport durch Transmission durch Innenwände oder Luftzirkulation beheizt werden und somit der Einspareffekt nicht linear zur Verminderung der beheizten Fläche ist.

Abbildung 3.1-3: Einfluss des Beheizungsumfangs auf den spezifischen Jahresheizwärmebedarf für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte



Man erkennt deutlich, dass die hier angesetzte Variation der Raumtemperatur die größte Schwankungsbreite aufweist: 142,3 kWh/(m² a), dies entspricht 62,8 % des Heizwärmebedarfs des Standardfalls. Änderungen des Beheizungsumfangs hingegen haben keinen so deutlichen Einfluss: 29,9 kWh/(m² a). Die Variation der Luftwechselrate ergibt eine Schwankungsbreite von 102,9 kWh/(m² a). Die Abbildungen A-1 bis A-4 im Anhang enthalten die Diagramme für die vier Typgebäude N06, N09, N14 und N19 des Gebäudebestandes.

Tabelle 3.1-7 enthält die untersuchten Parameterkombinationen und den jeweiligen spezifischen Jahresheizwärmebedarf am Beispiel des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte. Anhand der angegebenen Werte ist ersichtlich, dass die aus Kombinationen der Parameter ermittelten Ergebnisse eine sehr große Bandbreite des Jahresheizwärmebedarfs haben:

- Die energetisch gesehen optimale Kombination des Nutzerverhaltens – mittlere Raumtemperatur 20 °C, Beheizungsumfang 100 % und verminderte Luftwechselrate, Variante 1 – ergibt ein Minimum 160,2 kWh/(m² a), das 29,2 % unter dem Raumwärmebedarf des Standardfalls liegt.

- Die schlechteste Kombination hingegen – mittlere Raumtemperatur 26 °C, Beheizungsumfang 100 % und Luftwechselrate 3,3 h^{-1}, Variante 12 – ergibt ein Maximum von 433,8 kWh/(m² a), das 91,7 % über dem Standardraumwärmebedarf liegt.

Tabelle 3.1-7: Spezifischer Jahresheizwärmebedarf für das Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte der untersuchten Varianten

Vari-ante	Parameter			Spez. Jahresheiz-wärmebedarf kWh/(m² a)	Abweichung vom Standardfall
	Beheizungs-umfang	Luftwechsel-rate	Raum-temperatur		
1			-2 K	160,2	-29,2 %
2		-33 %	Standard	202,8	-10,4 %
3			+2 K	245,4	+8,4 %
4			+4 K	287,7	+27,1 %
5			-2 K	178,8	-21,0 %
6	**(±0 %)**	**2,2 h^{-1}**	**22,0 °C**	**226,3**	**Standard**
7			+2 K	273,8	+21,0 %
8			+4 K	321,1	+41,9 %
9			-2 K	241,6	+6,7 %
10		+ 50 %	Standard	305,8	+35,1 %
11			+2 K	370,0	+63,5 %
12			+4 K	433,9	+91,7 %
13		-33 %	Standard	189,4	-16,3 %
14	-20 %	Standard	Standard	211,4	-6,6 %
15		+ 50 %	Standard	285,6	+26,2 %
16		-33 %	Standard	176,0	-22,2 %
17	-40 %	Standard	Standard	196,5	-13,2 %
18		+ 50 %	Standard	265,4	+17,3 %

Die Tabellen A-5 bis A-8 des Anhangs enthalten die Werte aller untersuchten Typgebäude des Nichtwohnbestands, die Tabellen A-9 bis A-16 die Ergebnisse für den Neubaubereich. Anhand der angegebenen Werte ist ersichtlich, dass die relative Bandbreite des Nutzereinflusses auch bei den übrigen Typgebäuden ähnlich ist.

Abbildung 3.1-4 enthält den Vergleich der Ergebnisse des spezifischen Heizwärmebedarfs der untersuchten Typgebäude des Gebäudebestands (die zugehörige Tabelle befindet sich im Anhang, siehe Tabelle A-17). Abbildung 3.1-5 zeigt am Beispiel des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte den Einfluss unterschiedlicher Verhaltensvarianten auf den spezifischen Jahreswärmebedarf im Vergleich zwischen Gebäudebestand, Neubau 2005 und Neubau 2020.

Abbildung 3.1-4: Spezifischer Heizwärmebedarf der Typgebäude in Varianten

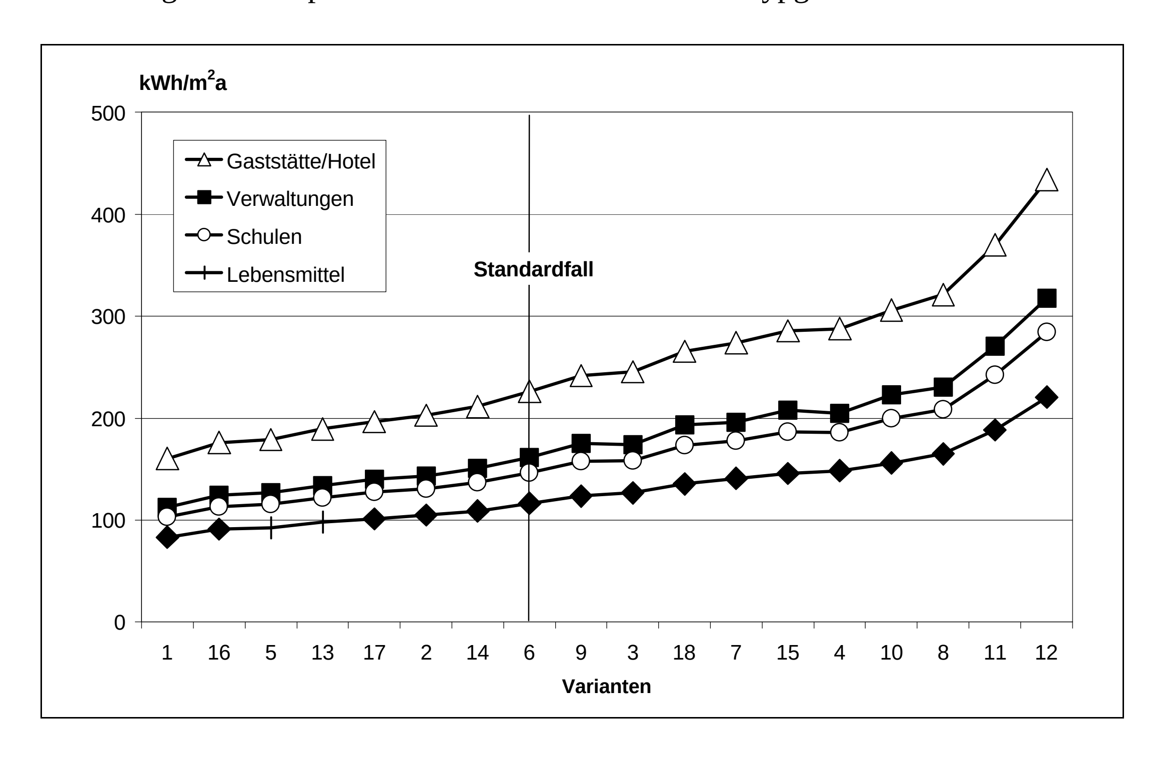
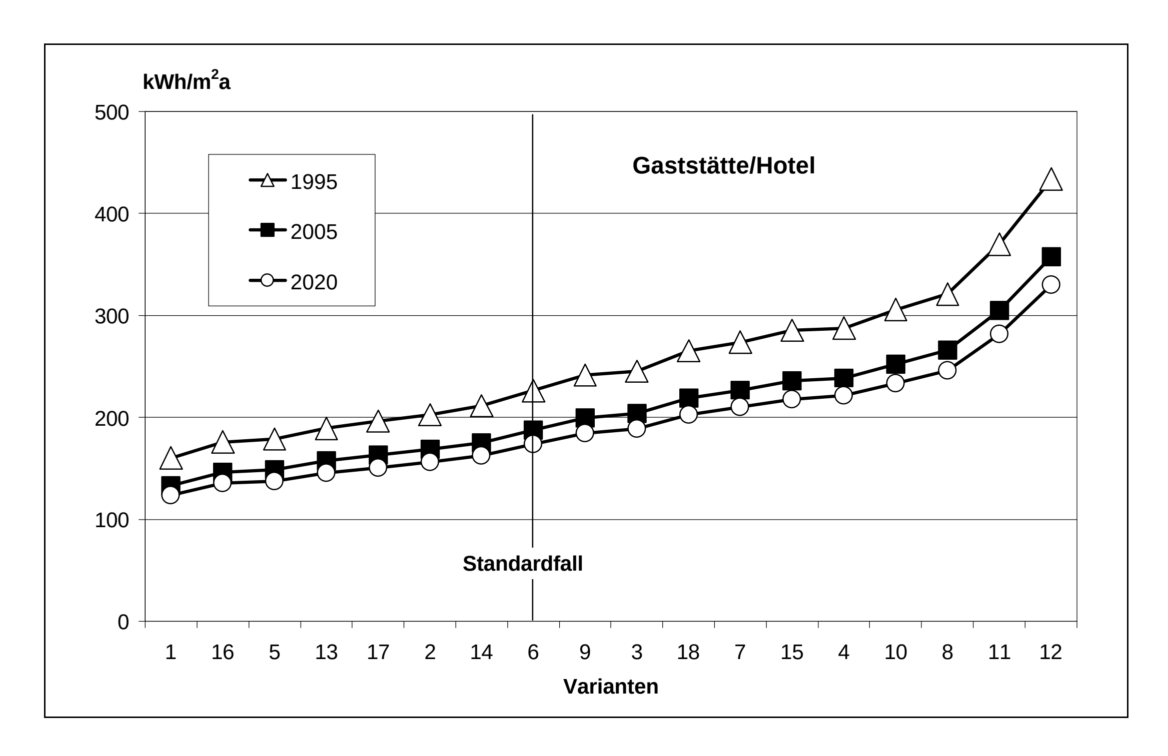


Abbildung 3.1-5: Spezifischer Heizwärmebedarf des Typgebäudes N14-Gaststätte/Hotel 1995 und Neubau 2005 und 2020 in Varianten



3.1.3 Absoluter Jahresheizwärmebedarf

Jahresheizwärmebedarf für den Standardfall

Zur Berechnung des gesamten Jahresheizwärmebedarfs für den Gebäudebestand wird der spezifische Jahresheizwärmebedarf der einzelnen Typgebäude im Standardfall mit der jeweiligen Nettogrundfläche des Typgebäudes multipliziert. In Tabelle 3.1-8 sind die Werte für den Jahresheizwärmebedarf für die vier untersuchten Typgebäude im Standardfall enthalten. Der gesamte Jahresheizwärmebedarf für alle vier ausgewählten Typgebäude beträgt somit insgesamt 26,4 TWh.

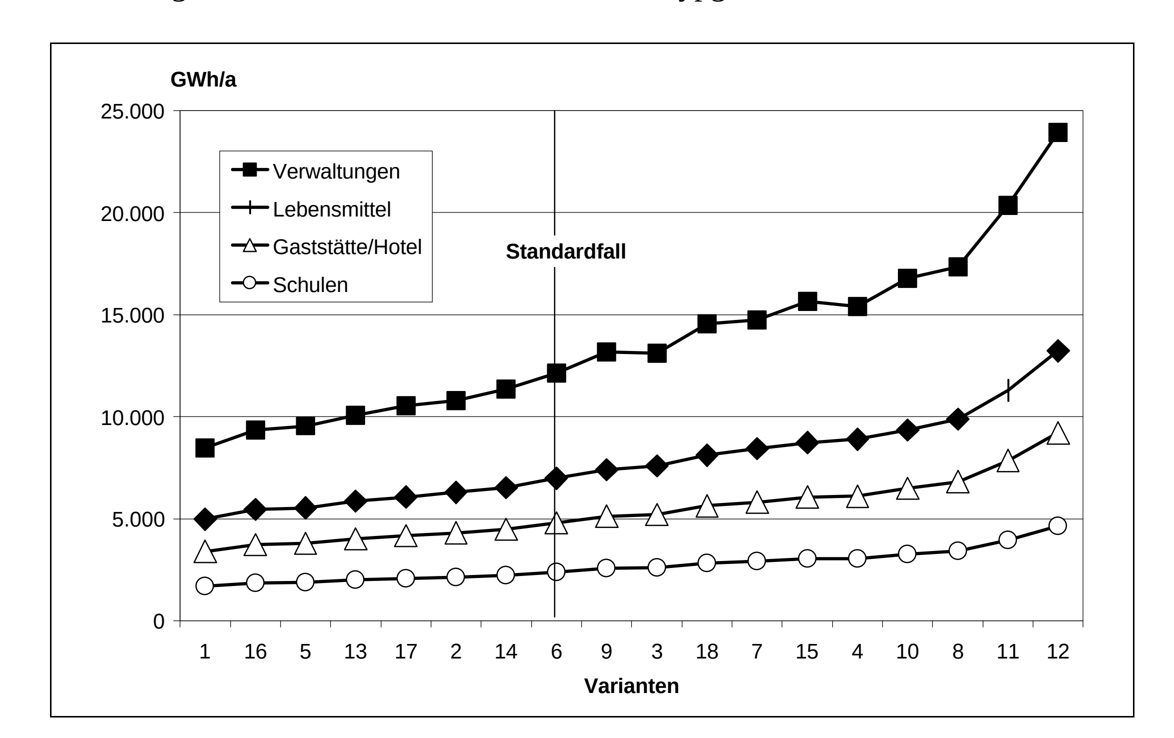
Tabelle 3.1-8: Jahresheizwärmebedarf für untersuchten Typgebäude im Standardfall

Typgebäude		Spez. Jahres-Heizwärmebedarf kWh/(m^2 a)	Berücksichtigte Nettogrundfläche 1000m^2	Jahresheiz-wärmebedarf GWh/a
Lebensmittelfiliale	**N06**	116,5	59.981	6.990
Hotel/Gaststätte	**N14**	226,3	21.243	4.808
Verwaltungsgebäude	**N09**	161,4	75.326	12.155
Schule	**N19**	146,5	16.373	2.398

Jahresheizwärmebedarf möglicher Varianten

Abbildung 3.1-6 zeigt den Jahresheizwärmebedarf der untersuchten Varianten, hochgerechnet auf die jeweiligen Nettogrundflächen der Typgebäude (dazugehörige Zahlenwerte siehe Tabelle A-18 im Anhang). Wie beim spezifischen Heizwärmebedarf sind auch erhebliche Unterschiede im absoluten Jahresheizwärmebedarf zu sehen. Die Kombination: verminderter Luftwechsel, mittlere Raumtemperatur um 2 K herabgesetzt und Beheizungsumfang 100 % (Variante 1) ergibt einen Jahresheizwärmebedarf von 3.403 GWh, der um 29,2 % unter dem Bedarf des Standardfalles liegt. Dies ist aber nur ein **theoretisch erreichbares Potenzial**, wenn alle Nutzer sich in ihrem Verhalten strikt an die Vorgaben halten würden.

Abbildung 3.1-6: Jahresheizwärmebedarf der Typgebäude in Varianten



3.1.4 Endenergiebedarf für Raumheizung

Beheizungsstruktur der untersuchten Typgebäude

Tabelle 3.1-9 zeigt die Beheizungsstruktur der untersuchten Typgebäude des Gebäudebestandes. Die Berechnung des Jahresendenergiebedarfs beschränkt sich auf die drei überwiegend eingesetzten Energieträger: Gas, Heizöl und Fernwärme. Die Anteile von Erdgas, Stadtgas, und Flüssiggas wurden zusammengefasst.

Tabelle 3.1-9: Aufteilung der Nettogrundfläche (NGF) der Typgebäude nach den Energieträgern

Typgebäude		Nettogrundfläche nach Energieträgern					
		Fernwärme		Erdgas		Heizöl	
		Anteil an NGF	1000 m^2	Anteil an NGF	1000 m^2	Anteil an NGF	1000 m^2
Lebensmittelfiliale	**N06**	9 %	5.398	51 %	30.650	40 %	23.932
Hotel/Gaststätte	**N14**	7 %	1.551	56 %	11.790	37 %	7.902
Verwaltungsgebäude	**N09**	11 %	8.512	53 %	39.847	36 %	26.967
Schule	**N19**	21 %	3.389	56 %	9.087	23 %	3.897

Die Verwendung von Kohle und Holz ist in allen Bereichen gering (unter 10 %) und wurde hier nicht berücksichtigt. Die Anteile des Kohle- und Holzeinsatzes, sowie die Anteile von sonstigen oder nicht bekannten Energieträgern wurden den Quoten von Erdgas und Heizöl zugeschlagen.

Für den Neubaubereich sind keine zuverlässigen Angaben über die Quoten der Energieträger vorhanden. Anzunehmen ist jedoch, dass der Energieträger Erdgas weiterhin eine dominierende Rolle spielen wird.

Spezifischer Endenergiebedarf

Für jedes Typgebäude und jeden der drei Energieträger wird ein repräsentatives Beheizungssystem herangezogen. Unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs, der Verteilungsverluste innerhalb des Gebäudes und des Wirkungsgrades des Heizwärmeerzeugers wird für jedes Typgebäude und jeden Energieträger der Endenergiebedarf für die Deckung des Heizwärmebedarfs bestimmt. Für den Neubaubereich werden verminderte Verteilungsverluste und der Einsatz eines Kessels der neuesten Bauart angesetzt.

Tabelle 3.1-10 enthält den spezifischen Jahresendenergiebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte für den Standardfall. Der spezifische Jahresendenergiebedarf hat für dieses Typgebäude eine Bandbreite von 237,2 kWh/m^2 bis 264,1 kWh/m^2. Man erkennt deutlich, dass das Beheizungssystem mit Fernwärmeversorgung den geringsten spezifischen Endenergiebedarf aufweist.

Tabelle 3.1-10: Spezifischer Jahresendenergiebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte im Standardfall

Variante	**Energieträger -**	**Spez. Heizwärmebedarf** kWh/(m² a)	**Spez. Endenergiebedarf** kWh/(m² a)
6	Fernwärme	226,3	237,2
	Gas	226,3	264,1
	Heizöl	226,3	258,9

Tabelle 3.1-11 enthält den jeweiligen spezifischen Endenergiebedarf für alle untersuchten Typgebäude des Gebäudebestands in Varianten. Anhand der angegebenen Werte ist ersichtlich, dass auch die hier ermittelten Ergebnisse eine ähnliche Bandbreite wie die Werte für den spezifischen Jahresheizwärmebedarf (siehe Abbildung 3.1-4) zeigen.

Die Tabellen A-19 bis A-22 im Anhang enthalten die Ergebnisse der untersuchten Varianten der vier Typgebäude des Gebäudebestands, die Tabellen A-23 bis A-30 die Ergebnisse des Neubaubereichs.

Tabelle 3.1-11: Spezifischer Endenergiebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte für die untersuchten Varianten

Variante	**Spez. Jahresheiz-wärmebedarf** kWh/(m² a)	**Spez. Endenergiebedarf in kWh/(m² a)** Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte **Energieträger**		
		Fernwärme	Gas	Heizöl
1	160,2	171,0	192,1	186,8
2	202,8	213,6	238,7	233,3
3	245,4	256,2	284,7	279,6
4	287,7	298,6	330,5	325,9
5	178,8	189,6	212,3	207,0
6	**226,3**	**237,2**	**264,1**	**258,9**
7	273,8	284,7	315,5	310,7
8	321,1	332,0	366,6	362,5
9	241,6	252,4	280,6	275,5
10	305,8	316,6	350,0	345,6
11	370,0	380,8	419,3	416,1
12	433,9	444,7	488,3	486,5
13	189,4	200,3	224,2	218,7
14	211,4	222,2	248,0	242,6
15	285,6	296,4	328,2	323,5
16	176,0	186,8	209,3	204,0
17	196,5	207,3	231,8	226,4
18	265,4	276,3	306,4	301,5

Absoluter Endenergiebedarf für Raumheizung des Gebäudebestands

Bei der Bestimmung des Endenergiebedarfs, wird der spezifische Endenergiebedarf der einzelnen Beheizungssysteme mit der zugehörigen Nettogrundfläche multipliziert.

Tabelle 3.1-12 enthält die Werte des spezifischen Endenergiebedarfs und den auf die zugehörige Nettogrundfläche hochgerechneten Endenergiebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte im Standardfall. Der Endenergiebedarf mit Fernwärmeversorgung hat den niedrigsten Wert, da sowohl der spezifische Endenergiebedarf als auch der Anteil an der Nettogrundfläche (9 %) am geringsten ist. Tabelle 3.1-13 enthält den Endenergiebedarf der vier untersuchten Typgebäude des Gebäudebestands. Tabelle 3.1-14 zeigt Werte für Endenergiebedarf des Typgebäudes N14 für die untersuchten Verhaltensvarianten. Die Tabellen A-30 bis A-33 im Anhang enthalten die Ergebnisse der untersuchten Varianten der vier Typgebäude des Gebäudebestands.

Tabelle 3.1-12: Endenergiebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte im Standardfall

Variante	Energieträger	Spez. Heizwärmebedarf kWh/(m² a)	Spez. Endenergiebedarf kWh/(m² a)	Berücksichtige Nettogrundfläche 1000 m²	Endenergiebedarf GWh/a
6	Fernwärme	226,3	237,2	1.551	368
	Gas	226,3	264,1	11.790	3.114
	Heizöl	226,3	258,9	7.902	2.046

Tabelle 3.1-13: Endenergiebedarf der untersuchten Typgebäude des Gebäudebestands im Standardfall

Energieträger	**Endenergiebedarf in GWh/a der Typgebäude**			
	Schule **N19**	Verwaltungsgebäude **N09**	Lebensmittelfiliale **N06**	Hotel/ Gaststätte **N14**
Fernwärme	521	1.467	666	368
Erdgas	1.597	7.838	4.556	3.114
Heizöl	656	5.089	3.352	2.046

Tabelle 3.1-14: Endenergiebedarf des Typgebäudes N14-Hotel/Gaststätte

Variante	**Endenergiebedarf in GWh/a**			
	Typgebäude N14-Hotel/Gaststätte			Summe
	Fernwärme	Gas	Heizöl	
1	265	2.265	1.476	4.007
2	331	2.814	1.843	4.988
3	397	3.357	2.210	5.964
4	463	3.897	2.575	6.935
5	294	2.503	1.636	4.433
6	**368**	**3.114**	**2.046**	**5.527**
7	442	3.719	2.455	6.616
8	515	4.322	2.864	7.701
9	391	3.308	2.177	5.876
10	491	4.126	2.731	7.348
11	591	4.943	3.288	8.822
12	690	5.756	3.845	10.291
13	311	2.643	1.728	4.682
14	345	2.923	1.917	5.185
15	460	3.869	2.557	6.885
16	290	2.467	1.612	4.369
17	321	2.733	1.789	4.843
18	428	3.612	2.382	6.423

3.1.5 Hochrechnung der verhaltensbedingten CO_2-Minderungen im Kleinverbrauch bis 2020

Im Gegensatz zum Haushaltsbereich wurde für den Kleinverbrauchssektor mit vier repräsentativen Typgebäuden gerechnet und nicht mit Ensemblegebäuden. Da der spezifische Energiebedarf dieser Typgebäude über die Lebensdauer der Gebäude im Wesentlichen konstant bleibt (bei einer grundlegenden wärmetechnischen Sanierung würde es sich per Definition um einen neuen Gebäudetyp handeln), wurden auch keine Berechnungen für die Jahre 2005 und 2020 durchgeführt. Um dennoch eine Abschätzung für die verhaltensbedingten Einsparungen im Raumwärmebereich der Kleinverbraucher zu erhalten, wurde das nachfolgend beschriebene Vorgehen gewählt.

In Anlehnung an die entsprechenden Ergebnisse im privaten Raumwärmebereich wurde für Neubauten im Kleinverbrauch ein um 42 % niedrigerer spezifischer Heizwärmebedarf als bei Altbauten unterstellt (vgl. Tabelle 3.1-15).

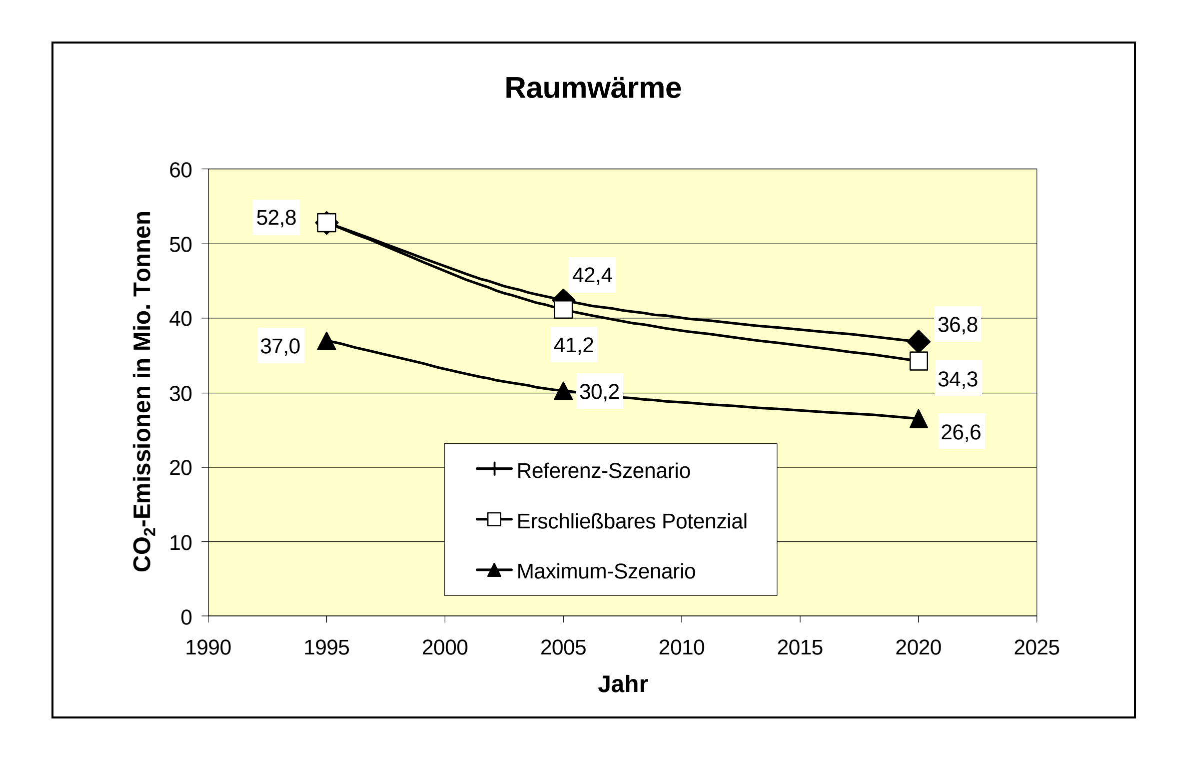
Tabelle 3.1-15: Hochrechnung der verhaltensbedingten CO_2-Minderungen bei der Raumwärme im Kleinverbrauch bis 2020

Ausgangswerte		
	Raumwärme-Referenzverbrauch (Standard-Variante)	**Einsparpotenzial durch Verhalten**
Altbau	100 %	30 %
Neubau	58 %	25 %

Ergebnisse			
	1995	**2005**	**2020**
Abriss und wärmetechnische Grundsanierung		3,5 % pro Jahr 1995 bis 2005	1 % pro Jahr 2005 bis 2020
Flächenzuwachs	1	1,07	1,12
Referenzverbrauch	**TWh**		
Altbau	213	138	106
Neubau als Ersatz	0	52	77
Summe	**213**	**190**	**183**
Einspar-Szenario			
Altbau	149	97	74
Neubau als Ersatz	0	39	58
Summe	**149**	**136**	**132**

Ebenfalls in Anlehnung an den privaten Raumwärmebereich wurde eine Verminderung der maximal durch die oben beschriebenen Maßnahmen zwischen Alt- und Neubau um fünf Prozentpunkte (von 30 % auf 25 %) angenommen. Weiterhin wurde eine wärmetechnische Grundsanierungs- bzw. Abrissrate von 3,5 % pro Jahr zwischen 1995 und 2005 und von 1 % pro Jahr für den Zeitraum 2005 bis 2020 unterstellt. Die höhere Sanierungsrate in dem ersten Zeitschritt lässt sich mit dem gelösten Sanierungsstau in den neuen Bundesländern begründen. Die Annahmen für 2020 hinsichtlich Sanierungsrate und spezifischem Raumwärmebedarf erscheinen sehr konservativ; wurden aber gewählt, um die Wärmebedarfsentwicklung des IKARUS-LP-Modells nachzubilden. Gemeinsam mit der Annahme zu den Flächenzuwächsen (7 % zwischen 1995 und 2005 und 12 % zwischen 1995 und 2020) lässt sich nun die Entwicklung des absoluten Raumwärmebedarfs im Altbestand und im Neubau abschätzen und hierauf die unterschiedlichen Auswirkungen der verhaltensbedingten Maßnahmen berechnen (vgl. Abbildung 3.1-7). Die CO_2-Umrechnungsfaktoren lassen sich Tabelle B-20 im Anhang B entnehmen.

Abbildung 3.1-7: CO_2-Minderungspotenziale durch Verhaltensmaßnahmen beim Raumwärmebedarf im Kleinverbrauch



Die autonome Entwicklung der raumwärmebedingten CO_2-Emissionen im Kleinverbrauch, d. h. ohne Forcierung von technischen Entwicklungen oder von Einsparmaßnahmen, wird als Referenzszenario herangezogen. Nach den oben genannten Annahmen wird es bis 2005 einen Rückgang der CO_2-Emissionen um 10,4 Mio. Tonnen geben, bis 2020 einen weiteren Rückgang um 5,6 Tonnen CO_2. Würden alle

in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Verhaltensmaßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs für Raumwärme greifen („Maximum-Szenario“), entspräche dies einer Absenkung der CO_2-Emissionen auf 37,0 Mio. Tonnen im Jahr 1995. Bis 2020 nimmt das maximale Potenzial leicht ab, vor allem begründet durch den steigenden Anteil an Neubauten.

Das tatsächlich erschließbare Potenzial liegt deutlich niedriger und ist abhängig vom Erfolg von Programmen, die zu klimagerechtem Verhalten aufrufen und motivieren. Für den Bereich Raumwärme wird angenommen, dass das noch nicht umgesetzte Potenzial zu 1 % pro Jahr erschlossen wird. In Abbildung 3.1-7 ist diese Entwicklung durch die zwischen Referenz-Szenario und Maximum-Szenario verlaufende Kurve dargestellt. Durch den eher gering angenommenen Erschließungsgrad, nähert sich die Kurve, die das erschließbare Potenzial berücksichtigt nur langsam der Maximums-Kurve an. Bis 2005 läßt sich ein Potenzial von 1,2 Mio. Tonnen CO_2 erschließen, bis 2020 insgesamt 2,5 Mio. Tonnen CO_2. Die zurückhaltende Annahme ist damit begründet, dass gerade beim Heizen im Handel, Dienstleistungssektor und Gewerbe vielfache Hemmnisse zu überwinden sind, da es entweder keine individuellen Regelungsmöglichkeiten gibt (z. B. Großraumbüros) oder der Komfortanspruch sehr hoch ist (z. B. Hotelzimmer). Außerdem fehlt dem einzelnen Nutzer oft der Anreiz sein Verhalten zu ändern, da er nicht direkt selbst von der Einsparung profitiert.

Vergleicht man die CO_2-Emissionen für den gesamten Raumwärmebedarf im Kleinverbrauch mit den erschließbaren Potenzialen durch Verhaltensmaßnahmen (Tabelle 3.1-16), so zeigt sich, dass sich 2,8 % dieser Emissionen allein durch klimagerechtes Verhalten reduzieren lassen. Schafft man es die Akzeptanz von derartigen Maßnahmen bis 2020 wie angenommen noch weiter zu steigern, so macht die Minderung durch klimagerechtes Verhalten zu diesem Zeitpunkt sogar 6,8 % aus.

Tabelle 3.1-16: Erschließbares CO_2-Minderungspotenzial durch Verhaltensmaßnahmen beim Raumwärmebedarf im Kleinverbrauch

	2005	2020
	Mio. t CO_2	
Raumwärmebedingte CO_2-Emission KV gesamt	42,4	36,8
Durch Verhaltensmaßnahmen erschließbares Potenzial	1,2	2,5
Erschließbares Potenzial / Gesamtemission	**%**	
	2,8	**6,8**

3.2 Strombedarf

3.2.1 Methodik und Rahmendaten

3.2.1.1 Methodik

Die Bearbeitung der Einzelpotenziale klimagerechter Verhaltensweisen für die Stromeinsparung lieferte in der Regel prozentuale Angaben, die sich auf ein Einzelgerät oder auf den einzelnen Betrieb beziehen, also z. B.: *das selektive Zu- und Abschalten von Beleuchtung kann im Einzelfall eine Reduzierung des Stromverbrauchs von bis zu 20 % bewirken* (Bezugsjahr ist 1995). Wo keine Angaben zu Einsparpotenzialen vorlagen, wurden diese – soweit möglich – durch eigene Annahmen ergänzt.

In einem ersten Schritt galt es, aus diesen Angaben das Potenzial für den Gesamtbestand der entsprechenden Verbrauchergruppe zu ermitteln, wieder in Form einer prozentualen Angabe. Es musste also abgeschätzt werden, inwieweit die jeweilige Maßnahme durchschnittlich heute schon realisiert wird. Dies geschah in aller Regel nicht auf der Basis von Berechnungen, da hierzu kein Datenmaterial vorliegt, sondern durch Plausibilitäts-Betrachtungen und eigene Erfahrungswerte.

Zur Abschätzung des möglichen absoluten Beitrags (und damit der Relevanz) verhaltensbedingter Stromeinsparungen im Kleinverbrauchs-Sektor bedurfte es dann der Kenntnis der absoluten Verbrauchswerte für die jeweiligen Verbrauchsgruppen Beleuchtung, Bürogeräte, Prozesskälte, Prozesswärme, Kraft. In IKARUS liegt eine solche einzeltechnologisch gewonnene Datenbasis für den Stromverbrauch des Kleinverbrauchs (aufgeschlüsselt in 46 Teilbranchen) vor:

Ausgehend von der durchschnittlichen Geräteleistung und der mittleren Gerätezahl pro Fläche bzw. pro Beschäftigtem sowie der Nutzungsdauer der maßgeblichen Techniken wird hier über die prozentuale Aufteilung der einzelnen Techniken an der Verbrauchsgruppe der flächenspezifische Stromverbrauch für jede Teilbranche bestimmt. Dies geschieht sowohl für den heutigen Bestand (Basis 1995) als auch unter Berücksichtigung des autonomen technischen Fortschritts für die Stützjahre 2005 und 2020. Durch Multiplikation mit den (heutigen bzw. künftigen) Gesamtflächen jeder Teilbranche ergeben sich die absoluten Verbrauchswerte.

In einem letzten Schritt wurden die relativen Einsparpotenziale einzelner Maßnahmen mit den absoluten Verbrauchswerten der jeweiligen Verbrauchsgruppe multipliziert. (Die Bereiche „Militär“ und „Restlicher Kleinverbrauch“ sind aufgrund unvollständiger Datenlage von dieser Untersuchung ausgeschlossen worden).

Zusätzlich zur erwarteten Entwicklung des autonomen technischen Fortschritts (Referenz-Szenario) wird auch jeweils ein Sparszenario bei forcierter Durchdringung

von Spartechniken berechnet (2005 spar, 2020 spar), da die Verbreitung von solchen Techniken einen direkten Einfluss auf die Relevanz von Verhaltensmaßnahmen hat. Hierbei wird angenommen, dass sich energieeffizientere Geräte oder Verfahren durch Maßnahmen wie ordnungsrechtliche Regelungen, Förderprogramme oder verstärkte Forschung und Entwicklung stärker durchsetzen als beim autonomen Fortschritt. Mit Hilfe der Spar-Szenarien wird auch abschließend beurteilt, in welchen Technikbereichen Programme zur Erschließung von Verhaltenspotenzialen besonders forciert werden sollten und wo stärker auf die Durchdringung von innovativen Geräten und Verfahren gesetzt werden sollte (Kapitel 4.8).

Mittels des IKARUS-Instrumentariums wird das absolute energetische Einspar-Potenzial verschiedener Verhaltensmaßnahmen abgeschätzt und in Relation zum Gesamtverbrauch und den erwarteten technischen Entwicklungen gesetzt. In Abschnitt 3.2.3.1 geschieht dies branchenübergreifend für die Bereiche Beleuchtung, Bürogeräte und Klimatisierung. Abschnitt 3.2.3.2 zeigt anhand ausgewählter Teilbranchen, wie die allgemeinen Ergebnisse in Abhängigkeit von der speziellen Verbrauchsstruktur und der Branchenentwicklung im Einzelfall zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen führt.

3.2.1.2 Rahmendaten und Annahmen zur Ermittlung des Strombedarfs

Tabelle 3.2-1 zeigt die Entwicklung der flächenspezifischen Verbräuche durch die technische Entwicklung, d. h. die zunehmende Penetration von Techniken mit verringertem Strombedarf. Die Werte dieser Tabelle beinhalten sowohl die Entwicklung der gerätespezifischen Verbrauchswerte (die in der Regel aufgrund des technischen Fortschritts sinken oder allenfalls gleich bleiben) sowie die Entwicklung der spezifischen installierten Leistung (Tabelle 3.2-2). Letztere steigt entweder, wie bei Bürogeräten und Kraftanwendungen, oder bleibt konstant, wie bei Beleuchtung und Prozesskälte (siehe Tabelle 3.2-2). Im Anhang (Tabelle B-1) sind die einzelnen Technikgruppen noch weiter aufgesplittet dargestellt.

Tabelle 3.2-1: Entwicklung der flächenspezifischen Verbräuche

	STROMVERBRAUCH Kleinverbrauch [1)] spezifisch [kWh/m²a]				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	1.816	1.703	1.653	1.350	1.215
Bürogeräte	289	286	309	210	204
Prozesskälte	617	608	602	584	573
Kraft	1.282	1.474	1.591	1.385	1.445
Strom sonst.	254	282	314	274	284
GESAMT	**4.258**	**4.354**	**4.470**	**3.801**	**3.720**

1) beinhaltet sowohl Entwicklung der spezifischen Verbrauchswerte der einzelnen Techniken als auch die Entwicklung der spezifischen installierten Geräteleistung

Tabelle 3.2-2: Entwicklung der spezifischen installierten Leistung

	relative installierten Geräteleistung pro Beschäftigtem (Bezugsjahr 1995)				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Bürogeräte	1,00	1,30	1,50	1,30	1,50
Prozesskälte	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Klima- & Lüftungsanlagen	1,00	1,15	1,22	1,08	1,12
Kraft allg.	1,00	1,15	1,25	1,08	1,13
el. Kleingeräte	1,00	1,15	1,24	1,08	1,12

Es wird deutlich, dass im Referenzszenario vor allem bei der Beleuchtung und bei Bürogeräten sehr zurückhaltende Annahmen getroffen wurden, die weitgehende Ausschöpfung der technischen Potenziale also erst in den Sparszenarien zum Tragen kommt.

Berücksichtigt wurden folgende relevante stromverbrauchende Techniken: Beleuchtung, Bürogeräte, Prozesskälte, Kraft allgemein, Klima- und Lüftungsanlagen und Strom sonstige (Kleingeräte). Der Bereich Prozesswärme wurde aus der allgemeinen Betrachtung ausgenommen, da die Techniken in diesem Bereich über den gesamten Kleinverbrauch gesehen sehr uneinheitlich sind und sich folgerichtig einer verallgemeinernden Untersuchung von Verhaltensauswirkungen entziehen. Zudem ist davon auszugehen, dass der verhaltensbedingte Spielraum in diesem Bereich deutlich unter dem der anderen Verbrauchsgruppen liegt. Eine Ausnahme bildet die Teilbranche Hotels und Gaststätten. Im Bereich „Küche“ entfällt der Stromverbrauch zu fast 100 % auf die Technik „Prozesswärme“. Deswegen wird in Abschnitt 3.2.3.2 die Prozesswärme in die Betrachtung mit einbezogen. Die energetischen Kenndaten der relevanten stromverbrauchenden Techniken sind in Tabelle B-2 im Anhang B aufgelistet.

Die Entwicklung der Flächen- und Beschäftigtenzahlen ist Tabelle B-3 (Anhang B) zu entnehmen. Insgesamt ist ein Flächenzuwachs von 7 % bis 2005 und 12 % bis 2020 zugrunde gelegt, hervorgerufen vor allem durch den starken Anstieg des Dienstleistungssektors. Die Beschäftigtenzahlen verzeichnen mit 5 % bzw. 6 % dagegen ein langsameres Wachstum, das bedeutet eine Zunahme der Fläche pro Beschäftigtem – Ausdruck eines steigenden Bedürfnisses nach großzügigeren räumlichen Verhältnissen am Arbeitsplatz.

3.2.2 Strombedarf im Standardfall

Die Verteilung des Strombedarfs im Kleinverbrauch auf die ausgewählten Technikbereiche im Jahr 1995 ist in Abbildung 3.2-1 dargestellt. Die ausführlichen Verbrauchswerte der einzelnen Verbrauchsgruppen sind in der anschließenden Tabelle 3.2-1 aufgelistet und lassen sich noch detaillierter Tabelle B-4 im Anhang B entnehmen.

Demzufolge nimmt die Beleuchtung mit rund 42 % den Spitzenwert ein, gefolgt vom Strombedarf für Kraftzwecke (27 %), zur Kühlung (15 %) und für Bürogeräte (10 %). Elektrische Kleingeräte machen immerhin noch 6 % des Gesamtbedarfs aus.

An den Relationen wird sich auch zukünftig grundsätzlich nichts ändern, wenngleich die Beleuchtung aufgrund des heute erst unzureichend ausgeschöpften Einsparpotenzials durch den Einsatz von Energiesparlampen etwas abnimmt, die Bereiche Bürogeräte und Klimatisierung dagegen aufgrund erhöhter Gerätezahlen etwas an Bedeutung gewinnen werden (vgl. Tabelle B-4 im Anhang B).

Abbildung 3.2-1: Verteilung des Stromverbrauchs auf Technikgebiete im Kleinverbrauch für das Jahr 1995

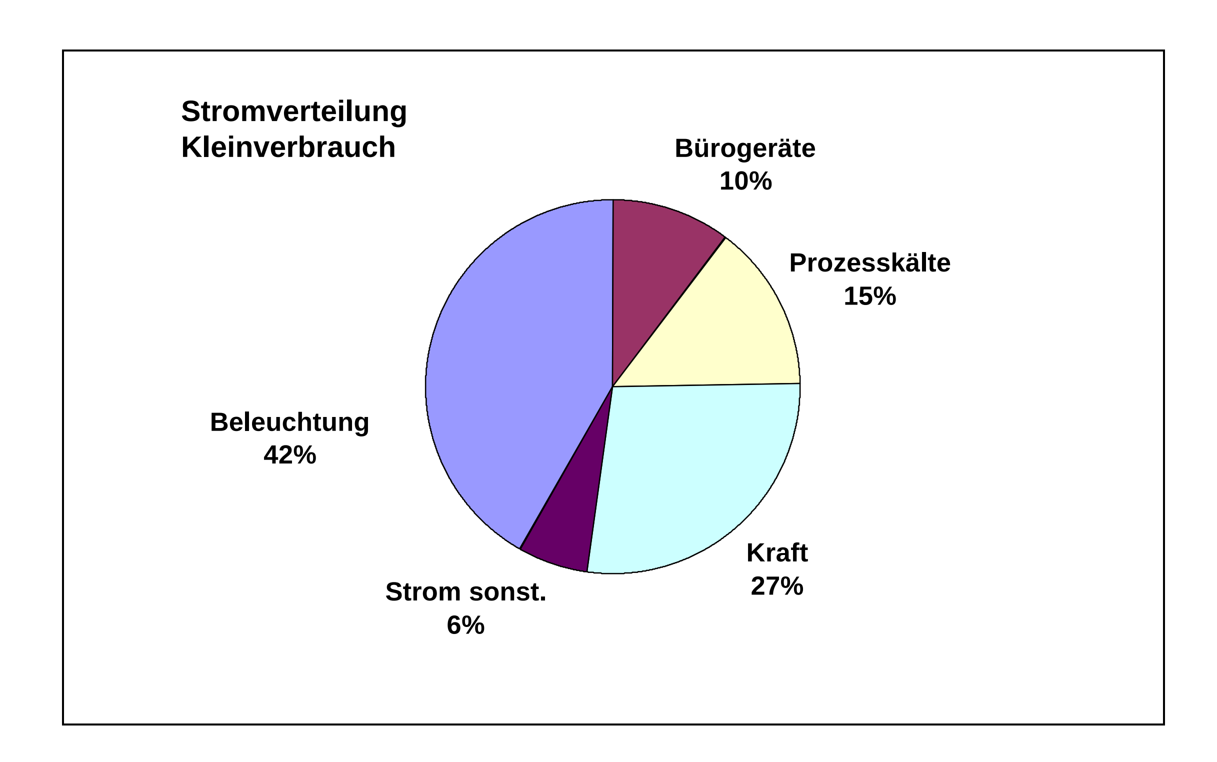


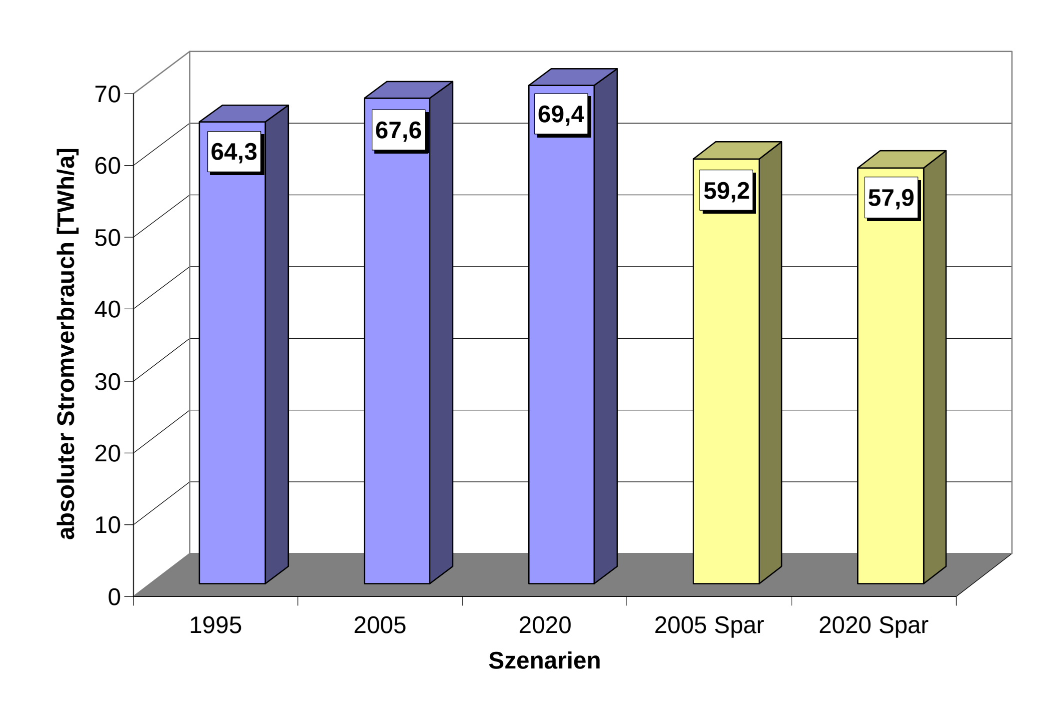
Tabelle 3.2-3: Entwicklung des Stromverbrauchs im Kleinverbrauch nach Technikbereichen

	Absoluter Stromverbrauch im Kleinverbrauch [GWh/a]				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	26.724	25.630	24.694	21.173	18.914
Bürogeräte	6.661	6.855	7.267	4.910	4.649
Prozesskälte	9.349	9.593	9.596	9.156	9.031
Klima- & Lüftungsanlagen	7.301	8.959	9.793	8.414	8.990
Kraft allg.[1]	10.309	11.932	12.890	11.206	11.652
el. Kleingeräte	3.980	4.596	5.121	4.373	4.625
Gesamt	**64.323**	**67.564**	**69.360**	**59.232**	**57.862**

[1] z. B. Aufzüge, Rolltreppen

Insgesamt werden in der Referenzentwicklung die Zuwächse bei Flächen, Beschäftigten und installierter Geräteleistung durch die technischen Verbesserungen beim spezifischen Energieverbrauch in etwa kompensiert, so dass das Niveau des Stromverbrauchs nahezu konstant bleibt (Abbildung 3.2-2). Eine forcierte Durchdringung von Spartechniken hingegen würde den absoluten Stromverbrauch um 8 % (2005) bzw. 10 % (2020) senken.

Abbildung 3.2-2: Entwicklung des Stromverbrauchs gesamt



3.2.3 Einsparpotenziale klimagerechten Nutzerverhaltens

3.2.3.1 Branchenübergreifende Ergebnisse

Aufgrund der Relevanz für alle Teilbranchen eignen sich die Verbrauchsbereiche Bürogeräte, Beleuchtung und Klimatisierung für allgemeine branchenübergreifende Betrachtungen.

In allen drei untersuchten Bereichen kann der Stromverbrauch durch klimagerechtes Verhalten drastisch reduziert werden. Mit 10,4 TWh liegt das absolute Potenzial bei der Beleuchtung mit Abstand am höchsten gegenüber ca. 1,8 TWh bei Bürogeräten und 1,9 TWh bei Klima- und Lüftungsanlagen. Insgesamt liegt somit das verhaltensbedingte Einsparpotenzial im Sektor Kleinverbrauch bei rund 14,2 TWh. Dieses Potenzial bleibt auch vor dem Hintergrund des technischen Fortschritts mit 12,4 TWh (2005) bzw. 11,1 TWh (2020) künftig hoch und liegt deutlich über der möglichen Energieeinsparung durch alleinige forcierte Ausschöpfung des technischen Fortschritts, der in den Sparszenarien zu Verbrauchsreduzierungen von rund 5,4 TWh (2005) und 7,7 TWh (2020) führt. Die CO_2-Umwandlungsfaktoren zur Ermittlung des CO_2-Minderungspotenzials lassen sich Tabelle B-20 im Anhang B entnehmen.

Zusätzlich wurde abgeschätzt, wie groß das erschließbare Potenzial im Strombereich ist. Die Ergebnisse werden separat im Kapitel 3.2-4 dargestellt.

Während die Effekte energiebewussten Nutzerverhaltens im EDV-Bereich und bei der Beleuchtung künftig durch die technische Entwicklung eher abgeschwächt werden, nehmen sie bei der Klimatisierung zukünftig sogar noch zu.

Tabelle 3.2-4: Einsparpotenzial bei klimagerechtem Verhalten im Strombereich für drei Maßnahmenbereiche im gesamten Kleinverbrauch

	Einsparpotenzial in verschiedenen Technikbereichen [TWh/a]							
	Bürogeräte		Beleuchtung		Lüftung und Klimatisierung		Gesamt	
Szenario	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]
1995	1,8	1,0	10,4	5,8	1,9	1,1	14,1	7,8
2005	1,1	0,5	9,1	4,6	2,4	1,2	12,6	6,4
2020	0,9	0,4	7,7	3,7	2,6	1,2	11,2	5,3
2005-s	0,7	0,4	7,3	3,7	2,2	1,1	10,2	5,2
2020-s	0,6	0,3	5,8	2,8	2,4	1,1	8,8	4,2

a) Bürogeräte

Die Entwicklung des Strombedarfs im Kleinverbrauch für Bürogeräte wird durch zwei gegenläufige Tendenzen bestimmt: einerseits nimmt die Anzahl der Geräte insgesamt durch den weiter anhaltenden Einzug der Elektronik in Büro und Produktion im Allgemeinen und den überproportionalen Zuwachs des Dienstleistungssektors im Besonderen zu; zum anderen geht der spezifische Verbrauch der Einzelgeräte, wie etwa derzeit am Beispiel von LCD-Monitoren eindrucksvoll zu beobachten, aufgrund des technischen Fortschritts teilweise drastisch zurück. In der Summe heben sich diese beiden Effekte in etwa auf, so dass der Strombedarf für Bürogeräte im Standardfall in etwa konstant bleibt (Tabelle B-4, Anhang B).

Das größte verhaltensbedingte Einsparpotenzial liegt in der **Minimierung der Leerlaufverluste**, sei es durch manuelles Abschalten in Pausen und nach der Arbeitszeit, oder durch Nutzung von Powermanagement-Systemen, die im Leerlaufbetrieb nicht benötigte Geräte-Funktionen nach einer vorgegebenen Zeit automatisch abschalten und somit den Energieverbrauch erheblich, im Einzelfall um über 20 %, senken können. Das Potenzial dieser letztgenannten Maßnahme lässt sich auf rund 13 % des heutigen Strombedarfs für Bürogeräte, entsprechend knapp 0,9 TWh abschätzen (Anhang B: Tabelle B-5). Bei Maßnahmen durch manuelles Abschalten wurden generell nur solche Geräte-Maßnahmen-Kombinationen aufgeführt, die unter dem Gesichtspunkt der Praktikabilität sinnvoll erschienen; rein theoretisch würden sich teilweise noch mehr Potenziale erschließen.

Da moderne Geräte in der Regel bereits standardmäßig über ein integriertes Powermanagement-System verfügen und andererseits ohnehin schon einen verminderten Stromverbrauch aufweisen, verliert die Reduzierung der Leerlaufverluste als Verhaltensmaßnahme zukünftig jedoch erheblich an Bedeutung. Zukünftig wird dieser mögliche Einsparbeitrag auf weniger als die Hälfte zurückgehen. Bei immer mehr Neugeräten befindet sich das Netzteil zur Spannungsumwandlung direkt im Netzstecker und verursacht somit auch im ausgeschalteten Geräte-Zustand, also ganzjährig rund um die Uhr, einen nicht zu vernachlässigenden Betriebsverlust. Die Trennung dieser stillen Verbraucher vom Netz durch Anschluss an Steckerleisten mit Netzschalter stellen eine effektive und zukünftig noch an Bedeutung zunehmende Verhaltensmaßnahme dar. Die mögliche Stromeinsparung allein durch diese Maßnahme liegt zwischen etwa 240 GWh (1995) und 540 GWh (2020).

Das gesamte Einsparpotenzial (sämtliche Verhaltensmaßnahmen werden durchgeführt) unterscheidet sich in seiner Entwicklung deutlich bei den verschiedenen Bürogeräten (Abbildung 3.2-3). Bei Monitoren sinkt das Einsparpotenzial bis 2005 auf ca. 1/3, im Spar-Szenario sogar auf 1/4. Hier macht sich der kommende technische Fortschritt sehr stark bemerkbar. Bei den restlichen Geräten wirkt sich die Weiterentwicklung nicht so gravierend aus. Hier verlieren Verhaltensmaßnahmen kaum an Bedeutung.

Abbildung 3.2-3: Gesamteinsparpotenzial bei Bürogeräten durch Verhaltensmaßnahmen [GWh/a]

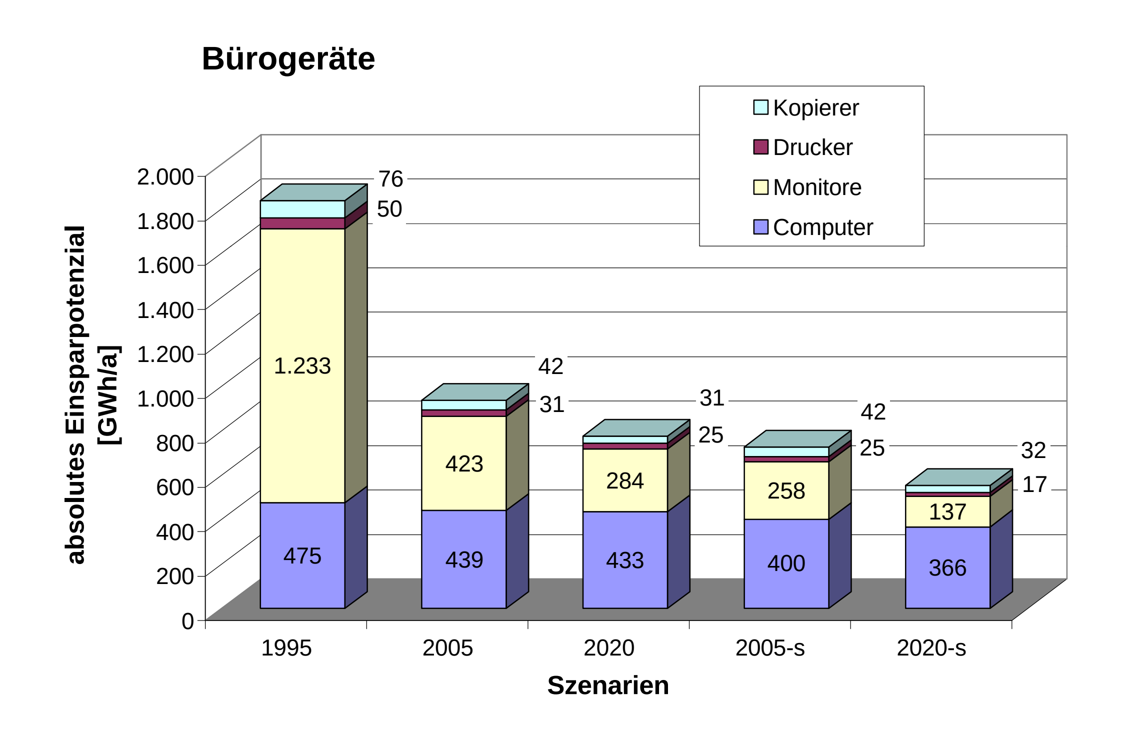


Tabelle 3.2-5: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei Bürogeräten durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei Bürogeräten durch Verhaltensmaßnahmen [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Computer	0,33	0,24	0,22	0,20	0,17
Monitore	0,68	0,27	0,17	0,13	0,07
Drucker	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Kopierer	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01

Das gesamte Bündel möglicher Verhaltensmaßnahmen kann den heutigen Energieverbrauch für Bürogeräte um etwa 28 %, entsprechend ca. 1,8 TWh reduzieren. Aufgrund der abnehmenden Relevanz des Nutzerverhaltens vor dem Hintergrund der rasanten technischen Entwicklung reduziert sich dieses Potenzial auf 1,0 TWh (2005) bzw. 0,9 TWh (2020). Dies entspricht einer Reduktion der CO_2-Emissionen um ca. 0,5 Mio. Tonnen für 2005 bzw. 0,4 Mio. Tonnen für 2020, wobei sich das Potenzial entsprechend Tabelle 3.2-5 auf die einzelnen Bürogeräte verteilt.

b) Beleuchtung

Der Strombedarf für Beleuchtung stellt den größten Anteil am gesamten Stromverbrauch des Kleinverbrauchs und bietet absolut gesehen auch die größten Einsparpotenziale (Tabelle 3.2-4).

Durch das vollständige Ersetzen aller Glühlampen durch **Energiesparlampen** sowie aller herkömmlichen durch moderne Leuchtstofflampen könnten ohne großen Aufwand in der Summe rund 3,4 TWh Strom jährlich eingespart werden. In der Zukunfts-Projektion ist ein sukzessives Vordringen von Energiesparlampen bereits im autonomen Fortschritt berücksichtigt, so dass das verbleibende Substitutionspotenzial auf 2,6 TWh (2005) bzw. 1,35 TWh (2020) abnimmt (Abbildung 3.2-4 und im Anhang B: Tabelle B-6). Die entsprechenden CO_2-Minderungen sind Tabelle 3.2-6 zu entnehmen.

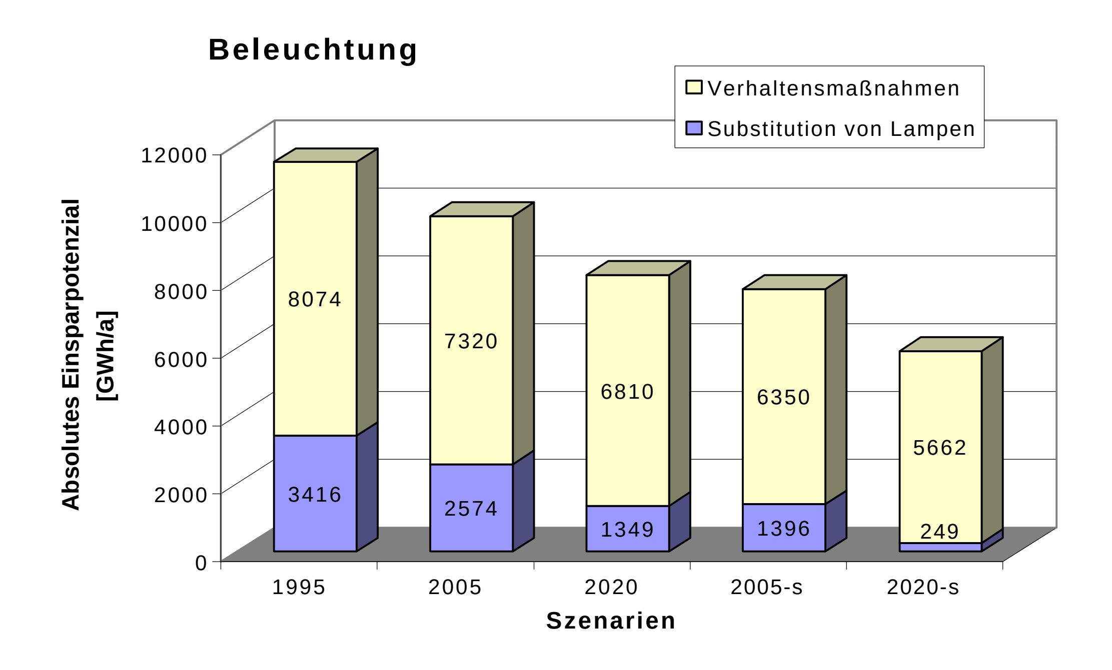
Als häufig sehr effektive Maßnahme ist die Anwendung von **Helligkeitsregelung** durch Dimmer und das **gesteuerte Zu- und Abschalten** durch Bewegungs- und Präsenzmelder zu nennen. Hier ist jedoch zu beachten, dass gerade modernere Lampentypen nur bedingt dimmbar sind und aufwändige Steuerungen hohe Investitionen bedeuten. Neben diesen Maßnahmen verbleibt noch ein immenses Einsparpotenzial durch energiebewusstes **individuelles Nutzerverhalten** (selektives manuelles zu- und Abschalten, Einhaltung der Nennbeleuchtungsstärke, regelmäßige Reinigung der Leuchten), das ohne jegliche zusätzliche Investitionen ausgeschöpft werden kann.

Tabelle 3.2-6: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei der Beleuchtung durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei der Beleuchtung durch Substitutions- und Verhaltensmaßnahmen [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Substitution von Lampen	1.9	1.3	0,6	0,7	0,1
Verhaltens-maßnahmen	4.5	3.7	3.2	3.2	2.7

Das gesamte Bündel verhaltensbedingter Maßnahmen (inklusive Substitution) führt zu Einsparungen von über 10 TWh pro Jahr bezogen auf den heutigen Bestand – eine Größenordnung, die oft unterschätzt wird. Unter Annahme des autonomen technischen Fortschritts nimmt dieser Beitrag künftig aufgrund des Vormarsches von Sparlampen auf ca. 7,7 TWh (2020) ab. Abschließend sei hinsichtlich der Bedeutung des Nutzerverhaltens die herausragende Stellung der Beleuchtung nochmals hervorgehoben.

Abbildung 3.2-4: Gesamteinsparpotenzial bei der Beleuchtung durch Verhaltensmaßnahmen



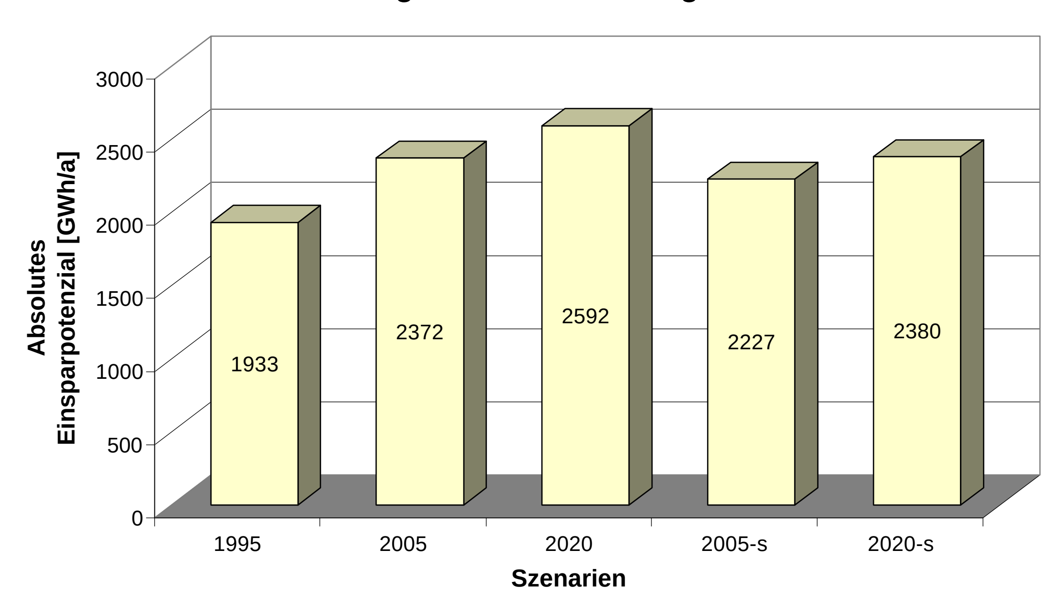
c) Kontrollierte Lüftung und Klimatisierung und Luftheizungen

Der Energieverbrauch von Klimaanlagen kann durch Verringerung des Volumenstroms sowie der Betriebszeiten der Anlage gesenkt werden. Beides kann durch einen bedarfsgerechten Betrieb der Anlage (bessere Ausnutzung mehrstufiger Fahrweise, Vermeidung von Überdimensionierung) sowie durch eine Optimierung der Betriebstemperatur und regelmäßige Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen erreicht werden. In der Summe können diese Maßnahmen den Strombedarf für Lüftungs- und Klimatisierungszwecke um gut ein Viertel senken.

Tabelle 3.2-7: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei kontrollierter Lüftung und Klimatisierung und Luftheizung durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei kontrollierter Lüftung, Klimatisierung und Luftheizung durch Verhaltensmaßnahmen [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Verhaltens-maßnahmen	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1

Abbildung 3.2-5: Gesamteinsparpotenzial bei kontrollierter Lüftung und Klimatisierung sowie Luftheizungen



Da zukünftig die Ausstattung mit Klimaanlagen noch zunehmen wird, wächst damit auch das absolute Einsparpotenzial von rund 1,9 TWh (heutiger Bestand) auf 2,6 TWh (2020) (Abbildung 3.2-5 und im Anhang B: Tabelle B-7). Auch die dadurch bedingten CO_2-Minderungen steigen im Vergleich zum Referenzjahr 1995 an und liegen sowohl 2005 als auch 2020 deutlich über 1 Mio. Tonnen CO_2 (Tabelle 3.2-7).

3.2.3.2 Branchenspezifische Ergebnisse

Das ermittelte Einsparpotenzial für die im Rahmen der Studie ausgewählten Branchen setzt sich zusammen aus allgemeinen und branchenspezifischen Maßnahmen. Bei den allgemeinen Maßnahmen wurden aus der gesamten Fülle die ausgewählt, die für die jeweilige Branche relevant sind und durch die spezifischen Maßnahmen ergänzt. Dabei hat sich gezeigt, dass in den Branchen „Verwaltung/Bürobetrieb“ und „Schulen“ alle wichtigen Verhaltensempfehlungen durch die allgemeinen Maßnahmen abgedeckt sind. Eine Übersicht über das Potenzial in den Branchen zeigt Tabelle 3.2-8. Die einzelnen Ergebnisse werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert. Die CO_2-Umrechnungsfaktoren lassen sich Tabelle B-20 im Anhang B entnehmen.

Tabelle 3.2-8: Potenzial durch Verhaltensmaßnahmen in einzelnen Branchen

	Verhaltenspotenzial in verschiedenen Bereichen							
	Supermärkte		Hotels und Gaststätten		Verwaltung/ Bürobetrieb		Schulen	
Szenario	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]	[TWh/a]	[Mio. t CO_2]
1995	2,9	1,6	2,9	1,6	1,4	0,8	0,3	0,2
2005	2,7	1,4	3,3	1,7	1,2	0,6	0,2	0,1
2020	2,3	1,2	3,6	1,7	1,3	0,6	0,2	0,1
2005-s	2,4	1,2	2,8	1,4	0,9	0,5	0,2	0.1
2020-s	2,1	1,0	3,0	1,4	0,9	0,4	0,1	0,1

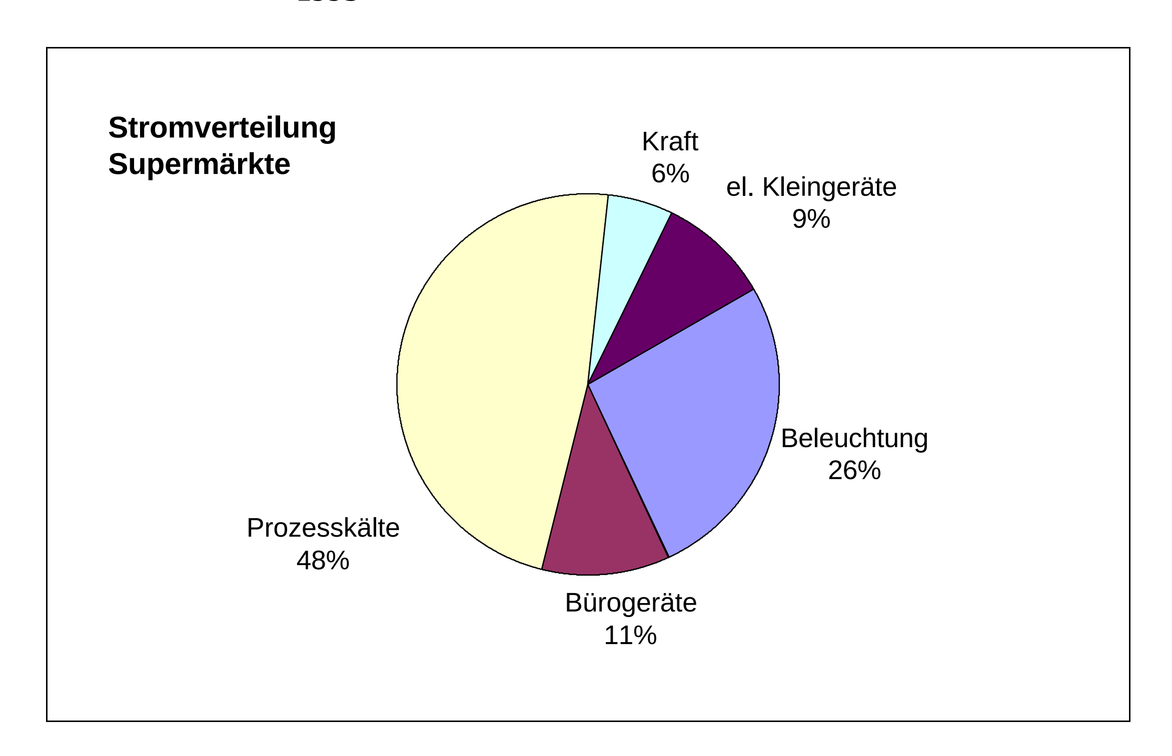
a) Lebensmitteleinzelhandel

Fast die Hälfte des Strombedarfs im Lebensmittel-Einzelhandel wird für Kühlzwecke verwendet, ein weiteres Viertel für Beleuchtung, der Rest verteilt sich auf Klimatisierung, Bürogeräte und Kleinverbraucher (Tabelle 3.2-9, Abbildung 3.2-6 und im Anhang B: Tabelle B-8).

Tabelle 3.2-9: Entwicklung des absoluten Stromverbrauchs bei Supermärkten

	Absoluter Stromverbrauch [GWh/a]				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	2.107	2.038	1.851	1.672	1.437
Bürogeräte	865	916	966	639	596
Prozesskälte	3.838	3.919	3.627	3.858	3.527
Kraft	452	532	527	500	483
el. Kleingeräte	753	887	890	833	804
Gesamt	**8.015**	**8.292**	**7.861**	**7.502**	**6.847**

Abbildung 3.2-6: Verteilung des Stromverbrauchs in Supermärkten für das Jahr 1995



Demgemäß konzentrieren sich die **branchenspezifischen Verhaltensmaßnahmen** auf die Reduzierung des Stromverbrauchs für Prozesskälte. Insbesondere die Abdeckung der Kühlmöbel bei Nacht sowie eine bedarfsgerechte Anpassung der Kühlleistung stellen effektive Maßnahmen dar. In der Summe können durch diese und eine Reihe weiterer Maßnahmen (Tabelle B-9 im Anhang B) jährlich rund 1 TWh Strom für Kühlzwecke eingespart werden. Spezielle Maßnahmen bei Kühlräumen (Licht löschen, zeitweilige Abschaltung der Kompressoren, Türrahmenheizung takten) kann den Strombedarf für Kühlzwecke um weitere 0,5 TWh/a senken. Maßnahmen zur Verringerung des Stromverbrauchs von Registrierkassen bewirken dagegen nur eine Einsparung von gut 0,1 TWh/a). Insgesamt summieren sich die Einsparungen durch branchenspezifische Maßnahmen für 1995 auf knapp 1,6 TWh, das entspricht einer Reduktion von 0,86 Tonnen CO_2 (Tabelle 3.2-10).

Abbildung 3.2-7: Gesamteinsparpotenzial durch Verhaltensmaßnahmen in Supermärkten

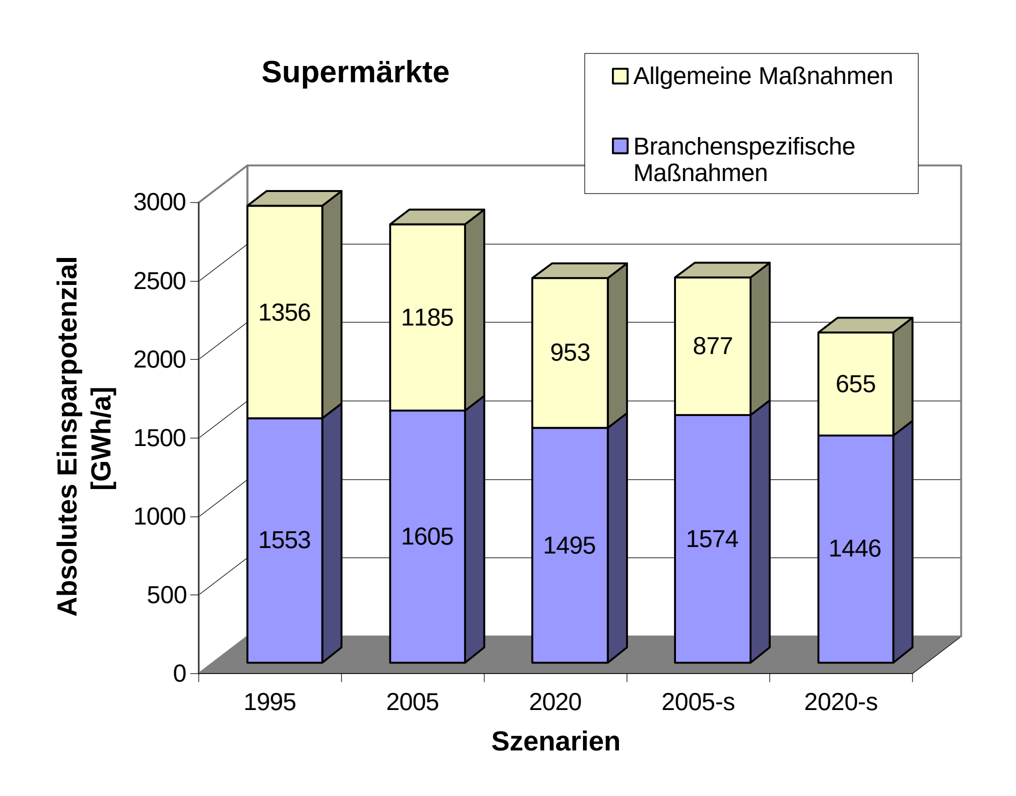


Tabelle 3.2-10: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei Supermärkten durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei Supermärkten [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Branchen-spezifische Maßnahmen	0,86	0,82	0,71	0,80	0,69
Allgemeine Maßnahmen	0,75	0,60	0,45	0,45	0,31

Rund das gleiche Potenzial kommt noch einmal durch allgemeine Maßnahmen hinzu. Das Substitutionspotenzial durch den Einsatz sparsamer Leuchtstofflampen beträgt rund 500 GWh pro Jahr, bezogen auf den Ist-Zustand. Dieses Potenzial nimmt bis 2020 auf rund 200 Gwh bzw. auf nur noch 36 GWh im Sparszenario ab. Energiebewusstes Verhalten, insbesondere was regelmäßige Reinigung, Wartung und Instandhaltung betrifft, kann in den Bereichen Beleuchtung, Bürogeräte, Klimatisierung und Lüftung zusätzlich knapp 1 TWh Einsparung bewirken.

Somit ergibt sich für das Branchensegment Lebensmittel-Einzelhandel in der Summe ein Einsparpotenzial durch klimagerechtes Verhalten von 2,9 TWh pro Jahr, entsprechend 36 % des gesamten betrachteten Stromverbrauchs im Lebensmittel-Einzelhandel 1995. Dieses Potenzial geht bis 2020 aufgrund der Abnahme des Substitutionspotenzials geringfügig auf 31 % zurück..

Das verhaltensabhängige Potenzial liegt damit deutlich über dem Beitrag, der in den Sparszenarien durch forcierte Ausschöpfung technischer Möglichkeiten erreicht wird, nämlich 0,5 TWh bis 2005 und 1,2 TWh bis 2020.

Da das Verbrauchsniveau der Branche insgesamt auf mittlere Sicht in der Referenzentwicklung ungefähr gleich bleiben wird, bleibt auch die Relevanz der genannten Maßnahmen künftig unverändert bestehen.

b) Beispiel Hotels und Gaststätten

Der größte Teil (45 %) des Stromverbrauchs bei Hotels und Gaststätten fließt in **Prozesswärme** zum Kochen und Backen (Abbildung 3.2-8, Tabelle 3.2-11 und Tabelle B-10 im Anhang B). Zweitgrößter Verbraucher sind Kühlräume sowie Kühl- und Gefrierschränke (21 %), erst dann folgen Beleuchtung.(14 %), Kraftanwendungen (Klimatisierung, Spül- und Waschmaschinen, Lifte u.a.) mit 18 %. Bürogeräte und sonstige Kleingeräte (z. B. Fernsehgeräte) fallen als Verbraucher mit je 1 % Anteil kaum ins Gewicht.

Abbildung 3.2-8: Verteilung des Stromverbrauchs bei Hotels und Gaststätten für das Jahr 1995

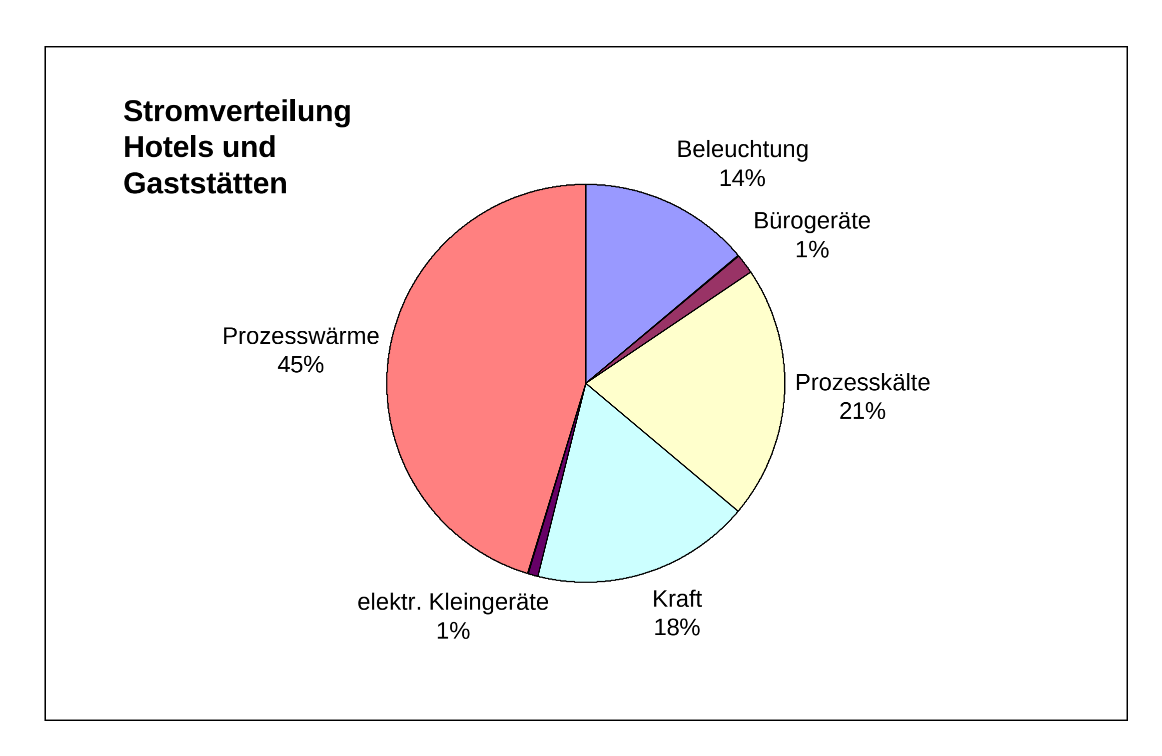


Tabelle 3.2-11: Entwicklung des absoluten Stromverbrauchs bei Hotels und Gaststätten

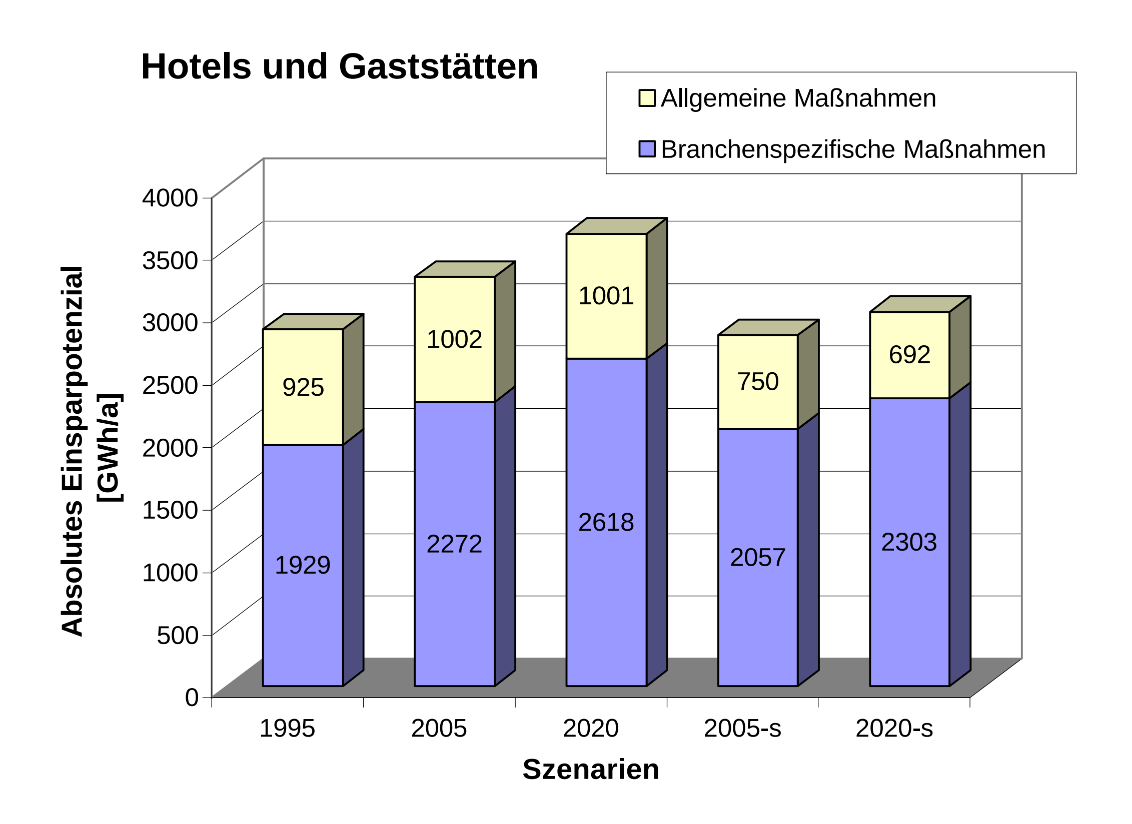
	Absoluter Stromverbrauch [GWh/a]				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	977	1.088	1.196	742	612
Bürogeräte	98	139	184	91	102
Prozesskälte	1.451	1.689	1.940	1.531	1.734
Kraft	1.226	1.694	2.099	1.591	1.924
el. Kleingeräte	66	92	115	86	104
Prozesswärme	3.159	3.875	4.550	3.325	3.670
Gesamt	**6.979**	**8.579**	**10.087**	**7.368**	**8.148**

Wie auch bei privaten Haushalten birgt die Zubereitung von Speisen einen großen Spielraum für Einsparungen durch klimagerechtes Verhalten. Eine Reihe von Maßnahmen, angefangen von der Wahl und Pflege des Kochgeschirrs bis hin zur bedarfsgerechten Nutzung des Herds bzw. Ofens können Einsparungen von über 40 % bringen, was beim heutigen Verbrauch knapp 1,27 TWh entspricht (Tabelle B-11 im Anhang B). Der Strombedarf für Beleuchtungsanwendungen kann durch kombinierte Verhaltens- und Substitutionsmaßnahmen um 0,6 TWh gesenkt werden. Um etwa den gleichen Betrag kann der Strombedarf für Kühlzwecke reduziert werden. Die Einsparmöglichkeiten bei Klima- und Belüftungsanlagen spielen mit 0,29 TWh dagegen absolut gesehen eher eine untergeordnete Rolle. Insgesamt ergibt sich durch allgemeine und durch branchenspezifische Maßnahmen ein beachtliches Sparpotenzial von 2,85 TWh (Abbildung 3.2-9), entsprechend 47 % des gesamten betrachteten Strombedarfs von 1995.

Tabelle 3.2-12: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei Hotels und Gaststätten durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei Hotels und Gaststätten [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Branchenspezifische Maßnahmen	1.07	1.16	1.25	1.05	1.10
Allgemeine Maßnahmen	0,51	0,51	0,48	0,38	0,33

Abbildung 3.2-9: Gesamteinsparpotenziale für Hotels und Gaststätten durch Verhaltensmaßnahmen



Dieses im Vergleich zu anderen Branchen überdurchschnittliche Potenzial resultiert aus dem charakteristisch hohen Prozesswärmeanteil und der Vielzahl der dort vorhandenen und noch längst nicht ausgeschöpften Möglichkeiten der Energieeinsparung.

Da der Branche insgesamt kräftige Zuwachsraten prophezeit werden und der autonome technische Fortschritt bei den großen Verbrauchsgruppen Prozesswärme und -kälte zu keiner drastischen Verbrauchssenkung führen wird, wird die Relevanz klimagerechten Verhaltens absolut gesehen zukünftig sogar noch zunehmen. So können unter den Annahmen des Referenzszenarios auf diesem Weg mittel- (2005) bis langfristig (2020) rund 3,3 bzw. 3,6 TWh Strom eingespart werden (Abbildung 3.2-9).

Selbst unter der Annahme des forcierten Einsatzes von energiesparenden Geräten in den Sparszenarien wird der absolute Strombedarf in 2005 und 2020 über dem von 1995 liegen, so dass auch dann der große Spielraum für das Verbraucherverhalten unvermindert bestehen bleibt.

c) Beispiel Verwaltungsgebäude

Rathäuser und sonstige Ämter der öffentlichen Verwaltung zeichnen sich durch einen sehr hohen Verbrauchsanteil für Beleuchtungszwecke (60 %) aus. Mit großem Abstand folgen elektrische Kleingeräte (16 %) wie Kaffeemaschinen und Overhead-Projektoren, Klimaanlagen (14 %) und Bürogeräte (10 %) (Abbildung 3.2-10, Tabelle 3.2-13 und Tabelle B-12 im Anhang B).

Abbildung 3.2-10: Verteilung des Stromverbrauchs in Verwaltungen und Bürobetrieben für das Jahr 1995

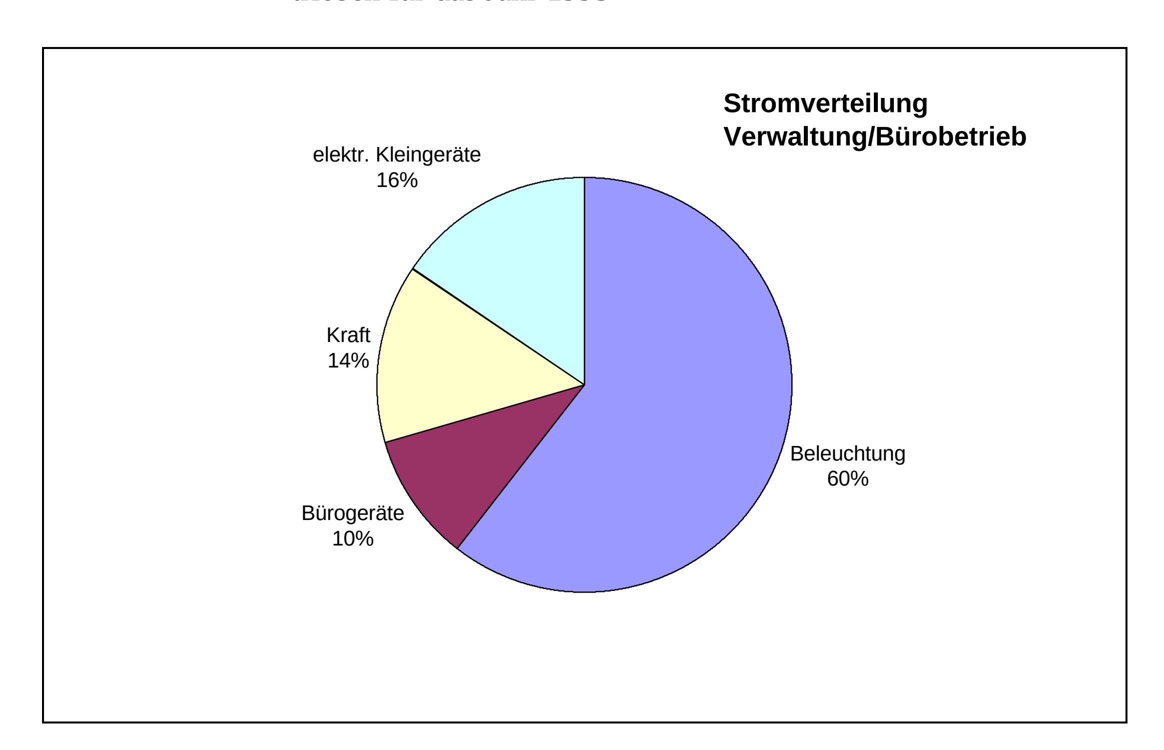


Tabelle 3.2-13: Entwicklung des absoluten Stromverbrauchs bei Verwaltungen/Bürobetrieb

	Absoluter Stromverbrauch [GWh/a]				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	2.556	2.247	2.473	2.028	2.115
Bürogeräte	421	422	508	307	332
Kraft	585	526	780	494	715
el. Kleingeräte	660	437	846	410	764
Gesamt	**4.222**	**3.632**	**4.607**	**3.239**	**3.926**

Dementsprechend ist hier insbesondere das Nutzerverhalten im Zusammenhang mit der Ausleuchtung des Arbeitsplatzes von großer Bedeutung. Individuelle Verhaltensänderungen, wie in Abschnitt 3.2.3.1 zusammengestellt, können zu beträchtlichen Einsparungen von fast 0,8 TWh jährlich führen. Aber selbst bei unverändertem Nutzerverhalten könnte der Strombedarf um rund 0,5 GWh/a verringert werden, wenn sämtliche konventionellen Lampen und Leuchtstoffröhren durch neuere Modelle ersetzt würden (Tabelle B-13, Anhang B). Weitere allgemeine Maßnahmen können den Bedarf für Bürogeräte und Klimatisierung zusammen nochmals rund 0,25 TWh/a senken (Abbildung 3.2-11), so dass sich insgesamt ein verhaltensbedingtes Potenzial von etwa 1,4 TWh ergibt, welches auch hier über dem allein durch technische Verbesserungen erzielbaren Fortschritt liegt (1 TWh in 2005).

Abbildung 3.2-11: Gesamteinsparpotenzial durch Verhaltensmaßnahmen in Verwaltungs- und Bürobetrieben

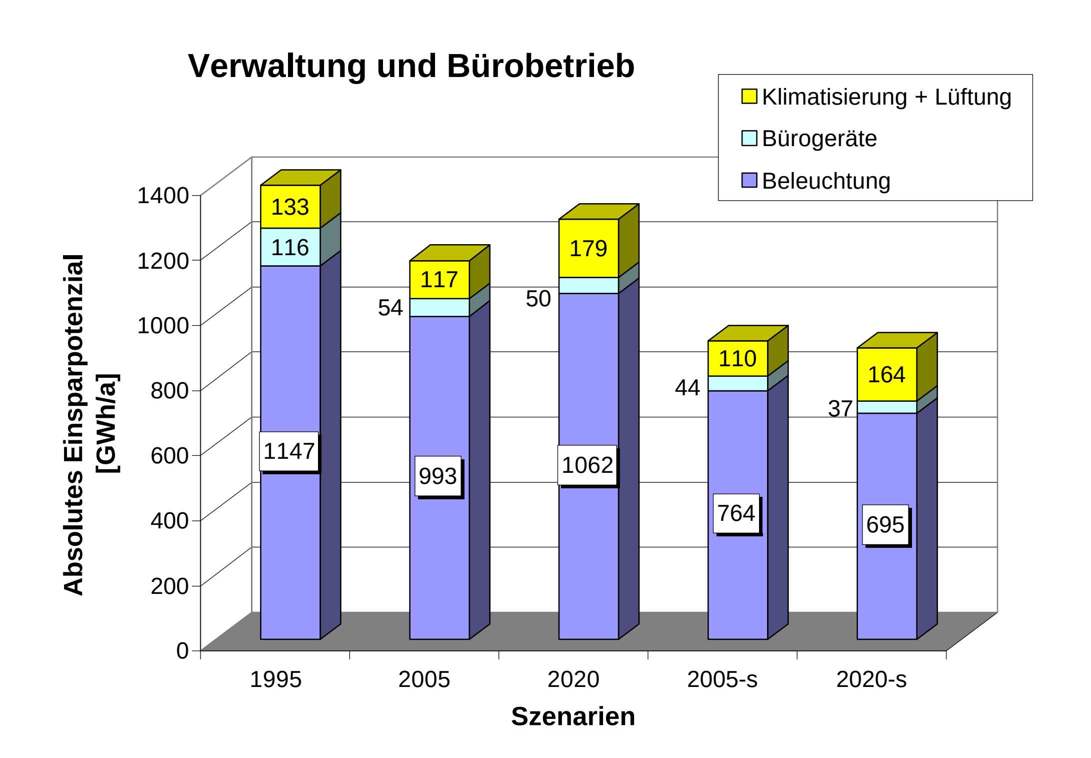


Tabelle 3.2-14: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei Verwaltungen/ Bürobetrieben durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei Verwaltung/Bürobetrieb [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Allgemeine Maßnahmen	0,77	0,61	0,64	0,47	0,43

Das Verbrauchsniveau der Branche insgesamt wird im Standard-Szenario vorübergehend aufgrund technischer Verbesserungen bei Bürogeräten und Beleuchtung etwas zurückgehen, längerfristig jedoch aufgrund größerer Büroflächen und erhöhter Beschäftigtenzahl ansteigen. Da bereits der autonome technische Fortschritt eine sukzessive Substitution alter durch neuere Lampen mit geringerem Verbrauch mit sich bringen wird, wird somit das Einsparpotenzial durch individuelles Nutzerverhalten in seiner Bedeutung zwar etwas abnehmen, aber dennoch auf hohem Niveau bleiben.

d) Beispiel Schulen

Als Repräsentant für Bildungseinrichtungen wurden die allgemeinbildenden Schulen herausgegriffen. Die nachfolgenden Aussagen können im Wesentlichen auch auf andere Schultypen wie Fach- und Hochschulen oder auch Kindergärten übertragen werden.

Abbildung 3.2-12: Verteilung des Stromverbrauchs in Schulen für das Jahr 1995

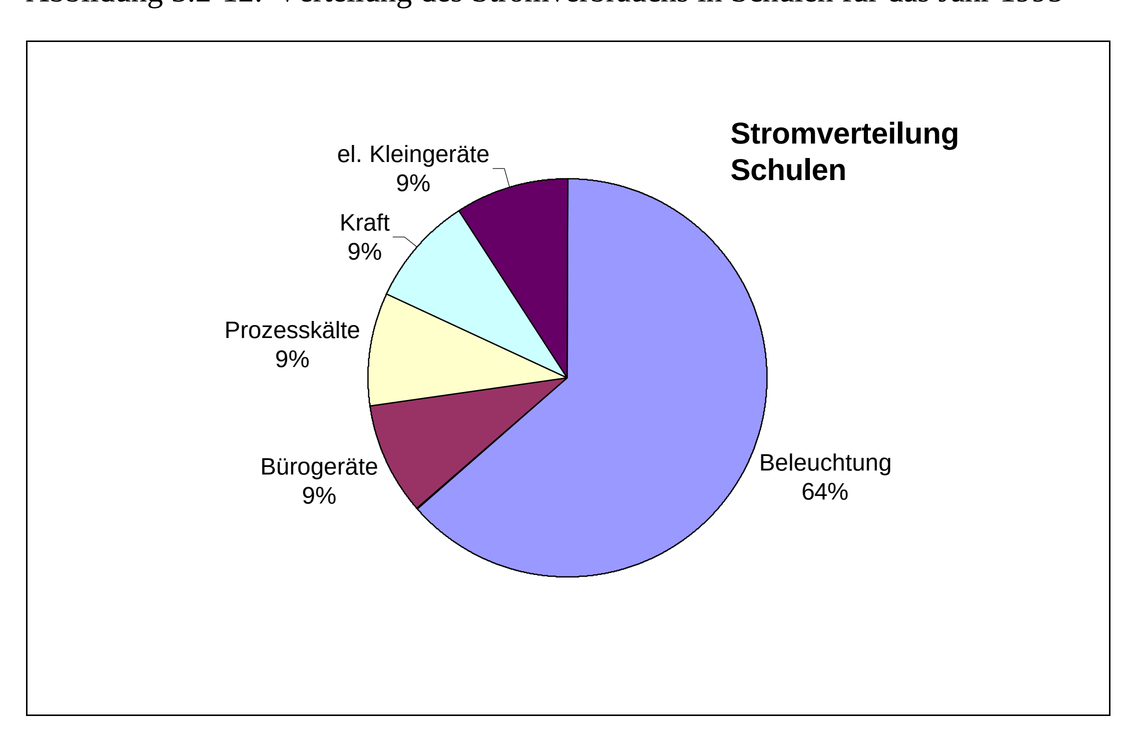


Tabelle 3.2-15: Entwicklung des absoluten Stromverbrauchs bei Schulen

	Absoluter Stromverbrauch [GWh/a]				
Technik	**1995**	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Beleuchtung	566	450	419	385	349
Bürogeräte	81	104	140	87	108
Prozesskälte	81	62	58	54	50
Kraft	81	82	86	77	79
el. Kleingeräte	81	82	88	77	79
Gesamt	**890**	**780**	**791**	**679**	**666**

Abbildung 3.2-13: Gesamt-Einsparpotenzial durch Verhaltensmaßnahmen in Schulen

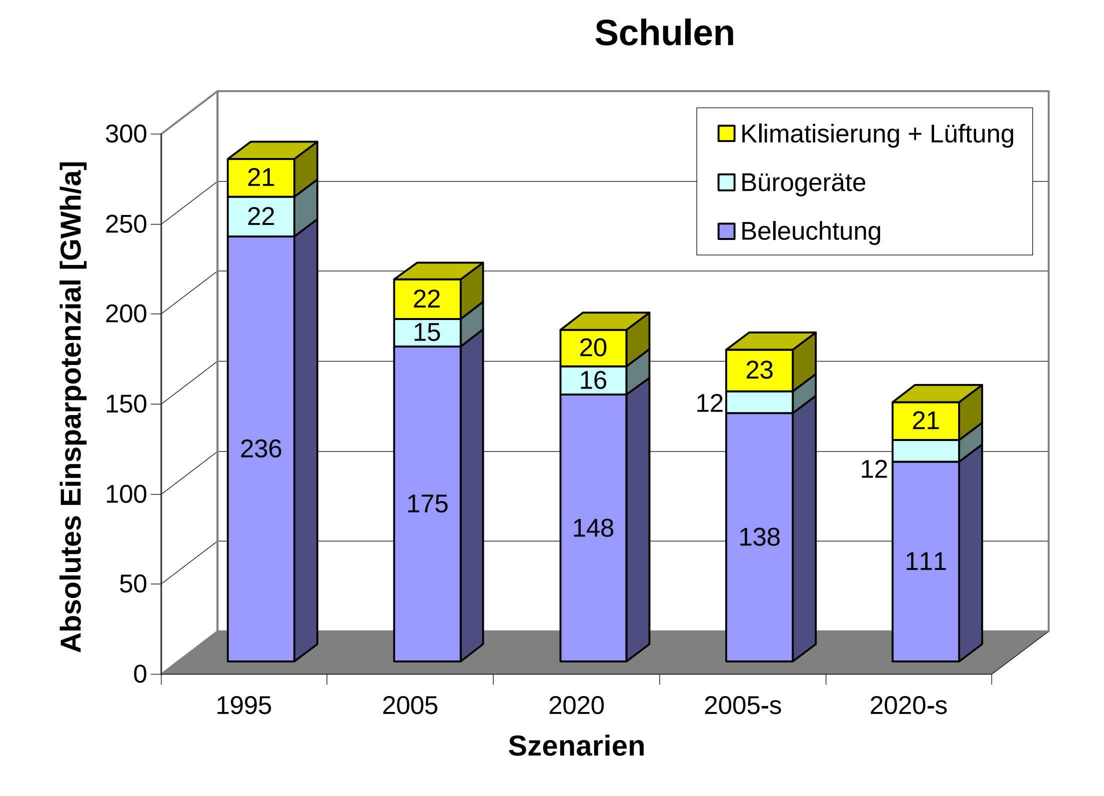


Tabelle 3.2-16: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials bei Schulen durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei Schulen [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Allgemeine Maßnahmen	0,49	0,40	0,38	0,35	0,32

Eine Besonderheit bei den Schulen stellt der drastische Rückgang der Beschäftigtenzahl aufgrund der zurückgehenden Schülerzahlen dar. Deshalb nimmt das absolute Verbrauchsniveau bis 2005 auch leicht um ca. 100 GWh ab und bleibt dann bis 2020 in etwa konstant (Tabelle B-14, Anhang B).

Ähnlich wie bei den Verwaltungsgebäuden sind Lampen und Leuchten für Schulgebäude und Sporthallen in den Schulen mit 64 % die größten Stromverbraucher (Abbildung 3.2-12). Demgemäß bieten sich auch hier die größten Möglichkeiten, den Strombedarf zu reduzieren. Substituierende Maßnahmen in Kombination mit modifiziertem Nutzungsverhalten können hier Einsparungen von 0,24 TWh jährlich bewirken, auch hier mit abnehmender Tendenz aufgrund des sinkenden Substitutionspotenzials (Abbildung 3.2-13).

Eine weitere Besonderheit bei Schulen liegt darin, dass hier die Ausstattung mit Computern in den nächsten Jahren ganz erheblich zunehmen wird und somit der Strombedarf für Bürogeräte im Standard-Szenario bis 2020 von 0,08 auf 0,14 TWh, also um 75 %, zunehmen wird – obwohl der spezifische Verbrauch der Einzelgeräte deutlich zurückgeht. Der restliche Strombedarf verteilt sich etwa gleichmäßig zu je 10 % auf Kühlgeräte, Klimaanlagen und elektrische Kleingeräte.

Das gesamte verhaltensbedingte Einsparpotenzial von rund 279 GWh, entsprechend 31 % des gesamten betrachteten Strombedarfs, geht ganz überwiegend auf den Bereich Beleuchtung zurück und liegt etwas über dem Potenzial, das allein durch technischen Fortschritt ermöglicht wird (220 GWh). Die Relevanz nimmt allerdings zukünftig ab (Tabelle B-15, Anhang B).

3.2.4 Erschließbares CO_2-Minderungspotenzial durch Verhalten

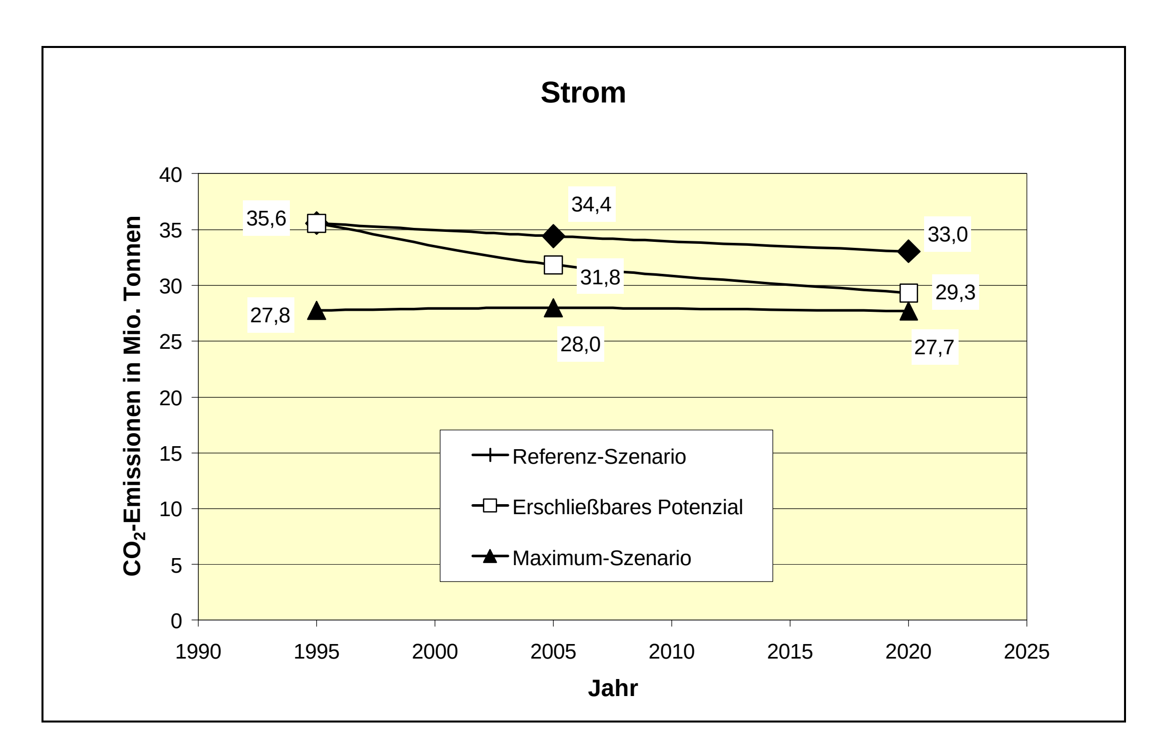
Für den Bereich Strom wird eine schnellere Erschließung des Einsparpotenzials unterstellt als bei der Raumwärme, nämlich 4 % pro Jahr bis 2005 und anschließend 2 % pro Jahr bis 2020. Begründet ist die Annahme der schnelleren Erschließung damit, dass bereits bei der Potenzialabschätzung einzelner Maßnahmen die zu erwartenden Hemmnisse bei der Umsetzung berücksichtigt wurden. Der Rückgang des Erschließungsfaktors bis 2020 auf 2 % basiert dagegen auf der Annahme, dass

zu Beginn hauptsächlich die vielen leicht realisierbaren Verhaltensmaßnahmen umgesetzt werden und mit der Zeit das Restpotenzial nur noch durch komplizierte oder evtl. den Komfort einschränkende Maßnahmen erschlossen werden kann.

Die drei nachfolgend gegenübergestellten Szenarien (Referenz-, Maximum- und Erschließungs-Szenario) beziehen sich auf die strombedingten CO_2-Emissionen im gesamten Kleinverbrauch. Für das Maximum-Szenario und auch bei der Ermittlung des erschließbaren Potenzials wurden allein die allgemeinen Verhaltensmaßnahmen herangezogen, da nur für zwei Branchen Werte für das branchenspezifische Potenzial im Rahmen der Studie ermittelt wurden (Hotels und Supermärkte).

Wie Abbildung 3.2-14 zeigt, lässt sich nach den oben aufgeführten Annahmen das verhaltensbedingte Potenzial bis 2005 zu 40 % erschließen, was einer Reduzierung von 2,6 Mio. Tonnen CO_2 entspricht. Bis 2020 ist eine weitere Erschließung von 30 % möglich, womit eine Emissionsminderung von 3,7 Mio. Tonnen CO_2 erreicht wäre.

Abbildung 3.2-14: CO_2-Minderungspotenziale durch Verhaltensmaßnahmen beim Strombedarf im Kleinverbrauch



Bezogen auf die gesamte strombedingte CO_2-Emission im Kleinverbrauch lassen sich also 7,5 % allein durch klimagerechtes Verhalten vermeiden. Dies entspricht einem Anteil an der Gesamtemission von 11 % für 2020 (Tabelle 3.2-17).

Tabelle 3.2-17: Erschließbares CO_2-Minderungspotenzial durch Verhaltensmaßnahmen im Kleinverbrauch

	2005	2020
	Mio. t CO_2	
Strombedingte CO_2-Emission im Kleinverbrauch	34,4	33,0
durch Verhaltensmaßnahmen erschließbares Potenzial	2,6	3,7
	%	
Erschließbares Potenzial / Gesamtemission	**7,5**	**11**

3.3 Warmwasserbereitung

3.3.1 Methodik und Rahmendaten

Methodik

Zur Untersuchung verhaltensbedingter Auswirkungen auf den Warmwasserbedarf wurde analog wie beim Strombedarf verfahren. Grundlage auch hier also die einzeltechnologisch gewonnene Datenbasis aus IKARUS für den Warmwasserverbrauch des Kleinverbrauchs (aufgeschlüsselt in 46 Teilbranchen):

Aus dem durchschnittlichen Wasserverbrauch pro Nutzung, der mittleren Nutzungshäufigkeit pro Tag und Beschäftigtem sowie der Anzahl Techniken pro Beschäftigtem (Gerätebestand) kann dann wieder über die prozentuale Aufteilung der einzelnen Techniken an der Verbrauchsgruppe für jede Teilbranche der spezifische Warmwasserbedarf pro Beschäftigtem bestimmt werden. Durch Multiplikation mit den Nutzungstagen pro Jahr und den (heutigen bzw. künftigen) Beschäftigtenzahlen jeder Teilbranche ergeben sich die absoluten Verbrauchswerte.

Im Gegensatz zur Vielzahl möglicher Einzelmaßnahmen zur Senkung des Stromverbrauchs gestaltet sich der Handlungsspielraum beim Warmwasserbedarf weitaus übersichtlicher. So lassen sich die wichtigsten Sparmaßnahmen durch fünf Schwerpunkte zusammenfassen:

a) Reduzierung der Durchflussmengen (mittels Perlatoren)
b) Einsatz von Thermo-Stopp Geräten
c) Senkung der Wassertemperatur auf Solltemperatur 60 °C
d) Einsatz von Zeitschaltuhren
e) Bewusst sparsames Nutzerverhalten

Die Anschaffung von (Wasser-) verbrauchsarmen Wasch- und Spülmaschinen wurde von dieser Untersuchung ausgenommen, da dies keine *Klein*-Investitionen mehr sind und somit nicht mehr als *Verhaltens*-Maßnahme klassifiziert werden. Ferner konnte das Potenzial der Maßnahme „Thermoskanne statt Warmhalteplatte" nicht mit dem IKARUS-Instrumentarium ermittelt werden, da Kaffeemaschinen dort nicht explizit abgebildet sind.

Für jede Maßnahme wurde das relative Einsparpotenzial abgeschätzt (b,c,d,e) bzw. rechnerisch bestimmt (a) und daraus für die verschiedenen Szenarien die Absolutbeiträge errechnet. Bezugsbasis ist das Jahr 1995.

Da die Verbrauchsstruktur für Warmwasser weniger komplex als diejenige beim Strombedarf ist und die Ergebnisse für die Einzelbranchen sich nicht grundlegend voneinander unterscheiden, beschränkt sich die nachfolgende Abhandlung auf eine branchenübergreifende Darstellung der Ergebnisse für den gesamten Kleinverbrauch.

Annahmen zur Ermittlung des Warmwasserbedarfs

Tabelle B-16 im Anhang B listet den Set der relevanten warmwasserverbrauchenden Techniken für die vier Verbrauchsbereiche Duschen, Wasserhähne, Wasch- und Spülmaschinen mit den spezifischen Verbrauchswerten sowie den zugrunde gelegten Durchdringungsraten in den verschiedenen Szenarien auf.

Es wird ersichtlich, dass bei Duschen und Wasserhähnen die jeweiligen konventionellen Standardtechniken zunehmend durch verschiedene moderne Alternativen abgelöst werden, welche oft eher aufgrund erhöhten Komforts (wie beispielsweise beim Einhebelmischer) als aus Gründen reduzierten Wasserverbrauchs eingeführt werden. Auf diesem Wege wird der spezifische Wasserverbrauch durch den autonomen technischen Fortschritt quasi durch die Hintertür verringert.

3.3.2 Warmwasserbedarf im Standardfall

Die Entwicklung der spezifischen Verbrauchswerte durch die technische Entwicklung (zunehmende Penetration von Techniken mit verringertem Warmwasserverbrauch) ist Tabelle 3.3-1 zu entnehmen.

Demnach wird der spezifische Warmwasserbedarf pro Beschäftigtem bis 2005 durchschnittlich um 13 %, bis 2020 um 17 % sinken. In den Spar-Szenarien beträgt die Reduktion 17 % (2005) bzw. 21 % (2020), die durch eine forcierte Ausschöpfung bereits heute vorhandener, aber erst sporadisch zum Einsatz kommender Spartechniken erzielt wird.

Tabelle 3.3-1: Spezifischer Warmwasserverbrauch und absoluter Nutzenergieverbrauch Warmwasser

	Szenario				
	1995	**2005**	**2020**	**2005-spar**	**2020-spar**
spezifischer Warmwasser-Bedarf					
[1000 l/Bes.*a]	14,0	12,2	11,7	11,6	11,1
Index	1,00	0,87	0,83	0,83	0,79
absoluter Nutzenergiebedarf für Warmwasser					
[TWh/a]	21,5	20,0	19,1	19,0	18,2
Index	1,00	0,93	0,89	0,88	0,85

Der gesamte Nutzenergiebedarf des Kleinverbrauchs für Warmwasser betrug 1995 rund 21,5 TWh, was einem durchschnittlichen Verbrauch von knapp 14.000 Litern pro Beschäftigtem und Jahr bei einem mittleren Temperatur-Niveau von 60 °C entspricht. (Tabelle 3.3-1). Beim absoluten Nutzenergiebedarf für Warmwasser wird zukünftig durch den zunehmenden Einsatz verbrauchsärmerer Techniken ein Rückgang auf 20 TWh (2005) bzw. 19,1 TWh (2020) erwartet. Die Zunahme des absoluten Warmwasserbedarfs fällt mit 7 % (2005) bzw. 11 % (2020) aufgrund steigender Beschäftigtenzahlen allerdings geringer aus als beim spezifischen Bedarf. In den Spar-Szenarien geht der Nutzenergiebedarf für Warmwasser bis 2005 um 12 %, bis 2020 um 15 % zurück.

3.3.3 Einsparpotenziale klimagerechten Nutzerverhaltens

Tabelle B-18 im Anhang B bzw. Abbildung 3.3-1 zeigt die Einsparpotenziale der Maßnahmen a) bis e) im Einzelnen und als Bündel, Tabelle B-19 die Auswirkungen auf die Verbrauchswerte für die Basis 1995. Alle Maßnahmen bleiben in ihrem relativen Potenzial zukünftig unverändert, das absolute Potenzial (und damit die Relevanz) geht also nur aufgrund des insgesamt etwas abnehmenden Bedarfs leicht zurück. Die Entwicklung des Gesamt-Einsparpotenzials durch alle Verhaltensmaßnahmen (parallel durchgeführt) zeigt Abbildung 3.3-2.

Abbildung 3.3-1: Einsparpotenzial je Maßnahme im Warmwasserbereich

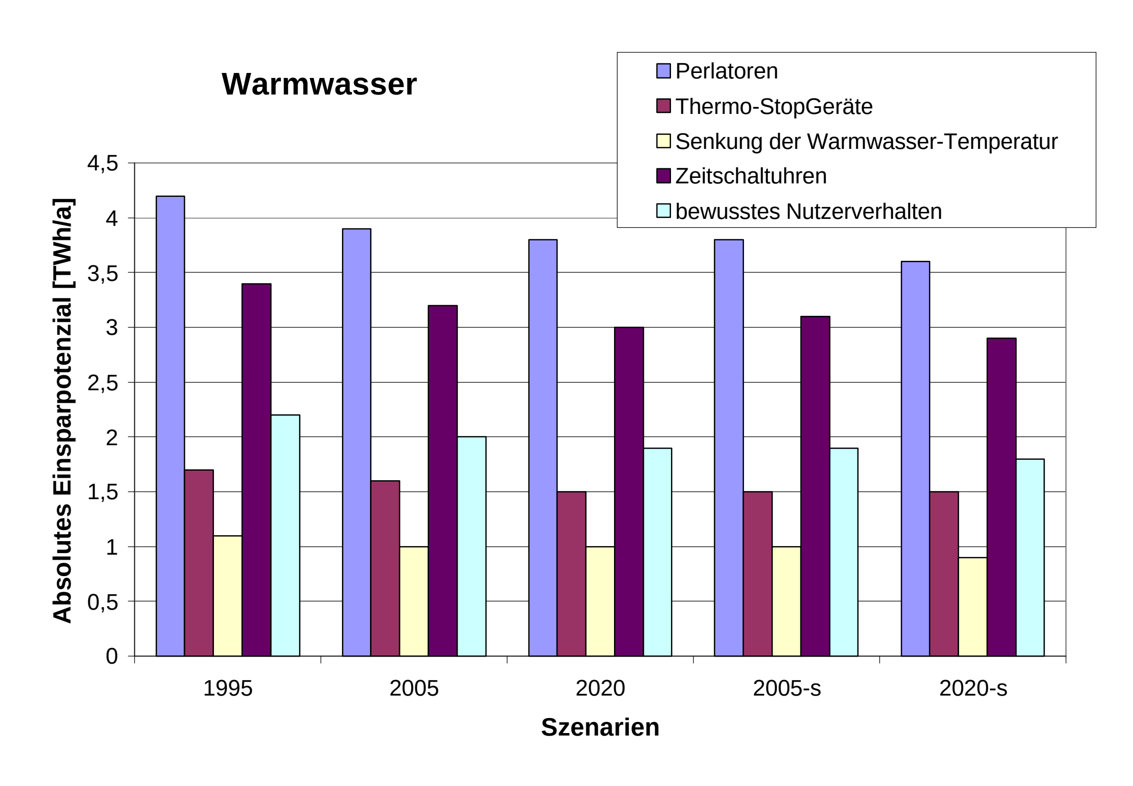


Abbildung 3.3-2: Gesamteinsparpotenzial durch Verhaltensmaßnahmen im Bereich Warmwasser für den gesamten Kleinverbrauch

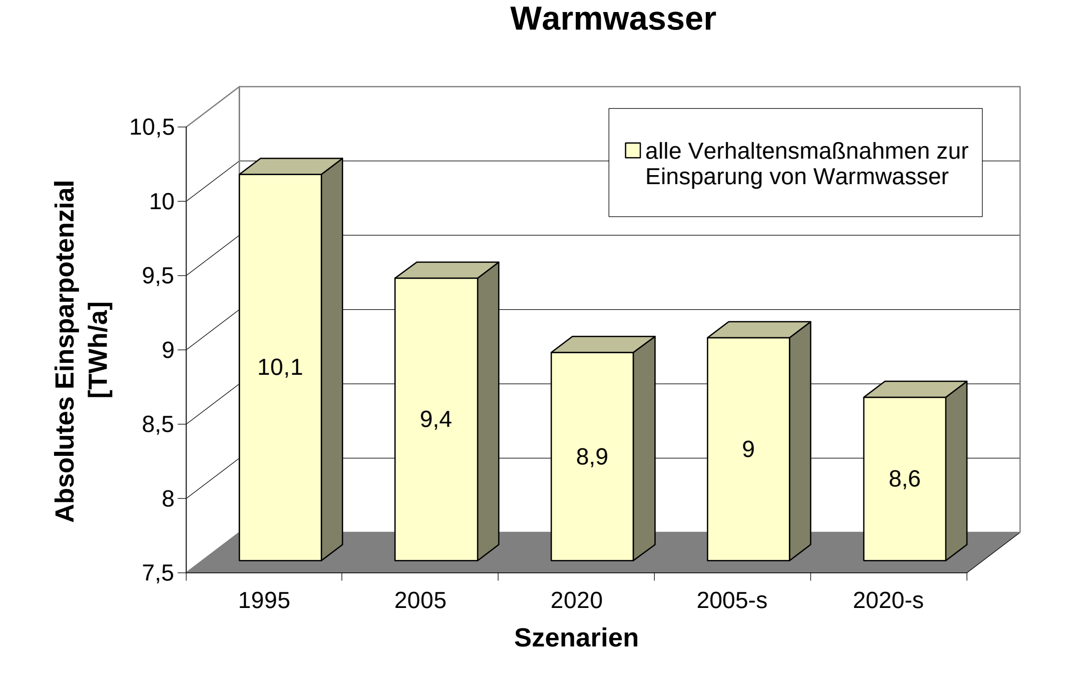


Tabelle 3.3-2: Entwicklung des CO_2-Minderungspotenzials im Bereich Warmwasser durch Verhaltensmaßnahmen

	CO_2-Minderungspotenzial bei Warmwasser [Mio. Tonnen/a]				
	1995	**2005**	**2020**	**2005 Spar**	**2020 Spar**
Allgemeine Maßnahmen	3,0	2,7	2,5	2,6	2,4

Die beschriebenen Maßnahmen führen in der Summe zu einem beachtlichen Einsparpotenzial von rund 47 %, bezogen auf das Bedarfsniveau von 1995. Dies bedeutet 10,1 TWh weniger Nutzenergie für Warmwasserzwecke. Zukünftig sinkt dieses Potenzial auf 9,4 TWh (2005) bzw. 8,9 TWh (2020) entsprechend des insgesamt verringerten Bedarfs.

Diese durch verändertes Nutzerverhalten erreichbare Reduzierung des Warmwasserbedarfs beträgt somit ein Mehrfaches der Einsparung, die der autonome Fortschritt durch technische Verbesserungen der Nutzgeräte erzielt – sie beträgt nur 1,5 TWh bis 2005 bzw. 2,4 TWh bis 2020. (Tabelle 3.3-1) Selbst eine forcierte Ausschöpfung des technischen Potenzials in den Sparszenarien führt lediglich zu einer Reduzierung von 2,5 TWh (2005) bzw. 3,3 TWh (2020).

Insofern kommt dem individuellen bzw. betriebsinternen Nutzungsverhalten beim Warmwasserverbrauch große Bedeutung zu.

a) Reduzierung der Durchflussmengen

Die Reduzierung der Durchflussmengen durch Perlatoren bringt im Vergleich zu konventionellen Duschen und Wasserhähnen eine Einsparung von ca. 30 %. Im Kleinverbrauch sind Duschen und Wasserhähne heute durchschnittlich erst zu etwa 30 % mit Perlatoren ausgestattet.

Ein hundertprozentiger Einsatz von Perlatoren würde eine Gesamteinsparung von etwa 4,2 TWh jährlich (Basis 1995) bewirken, was eine relative Einsparung von 20 % bedeutet. Damit stellt diese Maßnahme die effektivste aller untersuchten Maßnahmen dar.

Obwohl im Technik-Set der IKARUS-Datenbank lediglich die Variante konventionelle Dusche mit Perlatoren abgebildet ist, ist der Zusatz von Perlatoren grundsätzlich auch bei allen anderen Dusch- und Wasserhahn-Typen möglich und wurde in dieser Rechnung deshalb miteinbezogen. Die relative Einsparung wurde auch dort mit 30 % angenommen.

b) Einsatz von Thermo-Stopp-Geräten

Bei den sogenannten Thermo-Stopp-Geräten wird eine bedarfsgerechte Regulierung per Tastendruck auf sehr komfortable Handhabungsweise ermöglicht. Die Einsparung gegenüber Geräten, die das Wasser ständig auf der eingestellten Temperatur halten, ist sehr groß (bis zu 80 % im Einzelfall), da sich die Betriebszeit auf die Minuten des einmaligen Aufheizens beschränkt.

Die Anschaffung ist jedoch nur dort (ohne Komforteinbuße) sinnvoll, wo Warmwassergeräte nur wenig zum Einsatz kommen. Diese Anwendungsfelder sind jedoch im Kleinverbrauch eher die Ausnahme (wird auf ca. 10 % aller Anwendungen geschätzt). Für den Gesamtbestand wird somit von einem Einsparpotenzial von etwa 8 % ausgegangen, was eine absolute Einsparung von 1,7 TWh (bezogen auf 1995) bedeutet.

c) Senkung der Wassertemperatur auf Solltemperatur 60 °C

Nach dem technischem Regelwerk des Deutschen Vereins für Gas- und Wasserfach e.V. beträgt der Sollwert für die Austrittstemperatur am Erwärmer 60 °C. Diese Angabe bezieht sich auf den Einstellwert am Regler. Durch Regelungsverluste bzw. Reglerungenauigkeiten kann die tatsächliche Temperatur im Einzelfall um einige Grad davon abweichen, sie darf jedoch keinesfalls die Toleranzgrenze von 55 °C unterschreiten, da sonst die hygienische Unbedenklichkeit nicht mehr gewährleistet ist. Manche Nutzer stellen deshalb vorsichtshalber eine zu hohe Temperatur an ihrem Gerät ein, im Einzelfall führt dies zu 15 °C Überhitzung, was einen um 30 % erhöhten Nutzenergiebedarf bedeutet. Auf den Gesamtbestand bezogen wird das Einsparpotenzial durch Nachregelung zu hoch eingestellter Geräte jedoch nur auf 5 % geschätzt.

d) Einsatz von Zeitschaltuhren

Sind die Nutzungszeiten von Räumen/Gebäuden mit Warmwasseranschlüssen bekannt, kann mit Zeitschaltuhren die Bereitstellung zeitlich eingegrenzt und somit Speicher- und Zirkulationsverluste teilweise deutlich vermieden werden. Im Einzelfall können Zeitschaltuhren den Energiebedarf zur Warmwasserbereitstellung um bis zu 80 % senken.

Über den Gesamtbestand wird die Effektivität dieser Maßnahme jedoch nur auf 16 % Einsparpotenzial am gesamten Warmwasserbedarf geschätzt, da die zeitliche Festlegung des Verbrauchs nur in Einzelfällen (20 %) vorausgesetzt bzw. zugemutet werden kann. Am einfachsten lässt sich eine Abschaltung noch in den Nachtstunden realisieren. Somit führt diese Maßnahme zu einer absoluten Einsparung von rund 3,4 TWh (Basis 1995).

e) Energiebewusstes Nutzerverhalten

Hierunter fällt z. B. das zwischenzeitliche Abstellen des Wassers beim Händewaschen oder Duschen während des Einseifens.

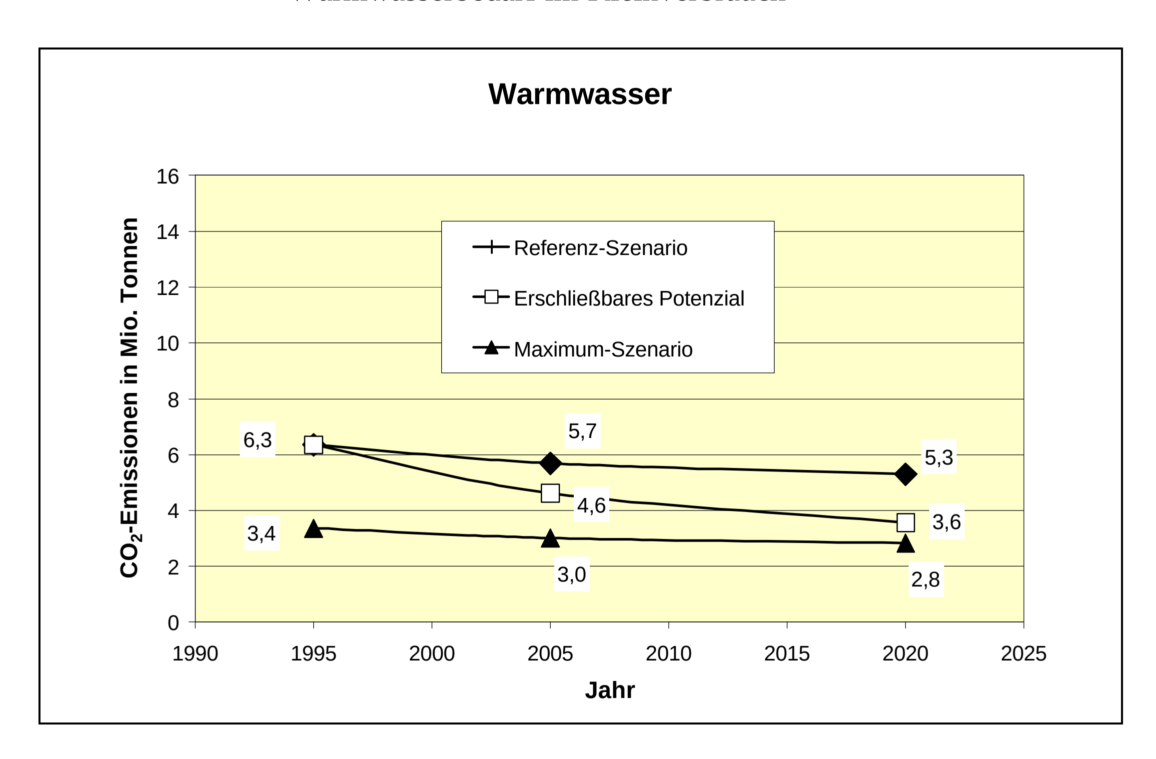
In der Summe wird diesen Veränderungen im Nutzerverhalten, die zu keinem Komfortverlust führen, ein Potenzial von 10 % zugeschrieben, entsprechend rund 2,2 TWh pro Jahr (Basis 1995). Im Einzelfall verschwenderischen Nutzerverhaltens kann die relative Einsparung selbstverständlich ein Vielfaches davon betragen.

3.3.4 Erschließbares CO_2-Minderungspotenzial durch Verhalten

Bei der Ermittlung des erschließbaren Potenzials im Bereich Warmwasser wurde analog verfahren wie im Strombereich. D. h. auch bei den Verhaltensmaßnahmen zur Reduzierung des Warmwasserbedarfs wird davon ausgegangen, dass 4 % des Potenzials pro Jahr bis 2005 und anschließend 2 % pro Jahr bis 2020 erschlossen wird.

Demnach sinken die CO_2-Emissionen im Jahr 2005 auf 4,6 Mio. Tonnen, vor dem Hintergrund, dass 40 % des Energieeinsparpotenzials bis dahin erschlossen sind. Die Reduktion beträgt in diesem Fall 1,1 Mio. Tonnen CO_2. Bis 2020 lassen sich weitere 30 % erschließen und die CO_2- Emissionen auf 3,6 Mio. Tonnen drücken. Die Reduktion erhöht sich damit auf einen Betrag von 1,7 Mio. Tonnen.

Abbildung 3.3-3: CO_2-Minderungspotenziale durch Verhaltensmaßnahmen beim Warmwasserbedarf im Kleinverbrauch



Vergleicht man die CO_2-Emissionen für die gesamte Warmwasserbereitung im Kleinverbrauch mit den erschließbaren Potenzialen durch Verhaltensmaßnahmen, so zeigt sich, dass klimagerechtes Verhalten ein sehr wichtiger Ansatz zur Reduzierung der Emissionen darstellen. Im Jahr 2005 lassen sich damit knapp ein Fünftel der gesamten CO_2-Emissionen vermeiden (Tabelle 3.2-17). Für 2020 wurde ein noch größerer Anteil ermittelt: 32 % weniger CO_2 allein durch nicht- oder nur geringinvestive Maßnahmen. In keinem anderen Bereich im Kleinverbrauch hat der Nutzer im Kleinverbrauch soviel direkten Einfluss auf die CO_2-Emission wie beim Warmwasser.

4 Programme und Instrumente

Im Projekt „Politikszenarien für den Klimaschutz I“ für das Umweltbundesamt wurden bestehende und in Vorbereitung oder Diskussion befindliche Programme zur Förderung des Klimaschutzes zusammengestellt. Der Überblick in Tabelle 4-1 zeigt die CO_2-Reduktionspotenziale, die den Programmen zugeordnet wurden. Allerdings zielt keines dieser Programme ausschließlich auf Verhaltensänderungen ab.

In den Szenarien zur CO_2-Reduktion bis 2020 im Projekt „Politikszenarien für den Klimaschutz II“ werden vor allem folgenden Programmen und Instrumenten Minderungsauswirkungen unterstellt: Verbesserung der ERP-, DtA- und KfW-Kreditprogramme, Nutzung der Ergebnisse verstärkter Forschung und Entwicklung, Fortbildungsprogramme für Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Fachpersonal, erweiterte Förderung und Rolle von Energieagenturen der Bundesländer, auch unterstützt von einer noch einzurichtenden Bundes-Energieagentur, Contracting und kooperative Beschaffung, Elektroanwendungsverordnung für Geräte oder alternativ entsprechende Selbstverpflichtungen der Hersteller und Importeure sowie Einführung einer Energie-/CO_2-Steuer.

Die meisten **Verordnungen** stellen Rahmenbedingungen für das Potenzial dar, das durch verhaltensbezogene Maßnahmen zu erreichen ist. So wird z. B. die absolute Energiemenge, die durch Verhalten eingespart werden kann, bei steigenden Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäude oder die Effizienz der Heizanlagen geringer. Dagegen steigt der relative Anteil der Energieverluste, z. B. durch falsches Heizungs- und Lüftungsverhalten, am Energieverbrauch an. Für eine These, dass mit zunehmenden technischen Vorschriften energieverschwendendes Verhalten zunimmt, gibt es in der Literatur keine Evidenz.

Auswirkungen auf das Verhalten könnte die Einführung eines Wärmebedarfsausweises haben, der z. B. bei Vermietung und Verkauf vorgelegt werden muss, falls dieser nicht nur den energietechnischen Zustand von Gebäuden und Heizanlagen, sondern auch die tatsächlichen Energieverbräuche oder Heizkosten enthält (Stein/Strobel 1997). Dasselbe gilt für die Überlegung, die Höhe der Grundsteuer an einer Energiekennzahl zu orientieren.

Preispolitische Programme können je nach Umfang der Intervention erhebliche Auswirkungen auf das Verhalten haben. Die starken Energiepreissteigerungen in den 70er Jahren führten zu einer Steigerung des Energiebewusstseins und zunächst zur Durchführung rasch zu realisierender, nämlich verhaltensbezogener Maßnahmen. Ein ähnlicher Anreiz könnte von einer Energie- oder CO_2-Steuer ausgehen. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass geringe Steuererhöhungen, die im Rahmen normaler Preisschwankungen liegen, wenig Aufmerksamkeit und konkrete Reaktionen hervorrufen. Größere Erhöhungen müssten aus Akzeptanzgründen früh-

zeitig angekündigt und durch Einsparungen an anderer Stelle kompensiert sein sowie eher in Form zweckgebundener Abgaben erhoben werden.

Tabelle 4-1: Reduktionspotenziale von CO_2-Minderungsprogrammen 2005

Geltend	Mio. t CO_2	Zusätzlich	Mio. t CO_2
Verordnungen			
WSchVO 1995	1,6	WärmenutzungsVO	3,0
HeizungsanlagenVO 1995	2,4	ElektroanwendungsVO	0,5
KleinfeuerungsanlagenVO	0,3	WSchVO incl. Bestand	5,0
		Wärmebedarfsausweis	0,5
		GrundsteuerVO	0,5
Preispolitik			
Steuerbegünstigung KWK	gering	Verbändevereinbarung KWK *	2,4–3,5
		Grüner Strom	0,5–1,0
Subventionen			
ERP	mittel	„Zweiter Kapitalmarkt“ *	1,0
KfW/DtA +BMU	sehr gering	verbesserte Kreditprogramme	mittel
KfW	gering		
DtA	gering		
Umweltschutzbürgschaft	gering		
Information/Beratung/Fortbildung			
EG-Umwelt-Audit	gering	Verbess. der berufl. Bildung	gering
Umweltzeichen	gering	Information & Motivation	gering
Energiesparberatung KMU	gering	Audit: Normierung/Forcierung	mittel
Umwelt-/Energieberatung	gering	Energiekennzahl für Gebäude	gering
Orientierungsberatung	sehr g.	Beratung Bundes-EA	mittel
Fortbildg.: Handbuch, CD-ROM	gering	Bundesweites Impulsprogramm	mittel
Selbstverpflichtungen			
Energiewirtschaftsverbände	6,0	ZVEI/VDMA: Elektroanwend.	0,5
		BDI *	3,0–7,0
		VIK *	1,0
Sonstiges			
Landes- u. Städteaktivitäten *	5,0–15	Förderung von Contracting *	1,0
		erweiterte Landes/Städteaktiv. *	5,0–7,0
* einschließlich Industrie			

Quellen: Stein/Strobel 1997

Subventionen für größere energiesparende Investitionen weisen mit verhaltensbezogenen Maßnahmen nur insofern einen Zusammenhang auf, als sich gezeigt hat, dass sie die Aufmerksamkeit für Energieeinsparung generell erhöhen (Reichert u. a.

1999). Zuschüsse für Kleininvestitionen werden im Rahmen der vorliegenden Studie genauer behandelt.

Selbstverpflichtungen beziehen sich in der Regel auf eine absolute oder relative Verminderung des Energieverbrauchs, z. B. von Unternehmen oder Branchen, die durch Investitionen oder Verhaltensweisen erreicht werden können. Von den Selbstverpflichtungen der Industrieverbände ist der Kleinverbrauchssektor kaum betroffen. Dagegen gehört er zu den Zielgruppen der Energiewirtschaftsverbände; das Reduktionsziel wird hier vor allem durch Energieträgersubstitution, Energieeffizienzverbesserungen sowie zusätzliche Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung und nicht durch Verhaltensmaßnahmen angestrebt.

Unter freiwilligen Instrumenten, die in Zusammenarbeit mit der Industrie zustande kommen, wäre auch noch das **Labelling** zu nennen, z. B. die Kennzeichnung des Stromverbrauchs elektrischer Geräte. Diese Maßnahme zielt jedoch nur auf energiebewusstes Investitionsverhalten ab, wobei Kleininvestitionen nicht berührt sind.

Tabelle 4-2: Von Betrieben für wichtig gehaltene Programme und Instrumente

	Sehr wichtig oder wichtig [%]	Nicht so wichtig oder unwichtig [%]
Information		
• Broschüren von neutraler Stelle	88	12
• Fachliteratur	76	24
• Hersteller-Prospekte	70	30
• Videos	31	69
• Internet-Seiten	24	76
Beratung		
• Handwerker, Fachbetriebe	83	17
• Anlagenhersteller	70	30
• Energieversorger	58	42
• Architekten, Planer	58	42
• Kommunale Energieberatung	55	45
• Fachleute von Umweltverbänden	53	47
• Energieagentur	30	70
Finanzielle Anreize		
• Zuschüsse	95	5
• Steuerliche Abschreibung	71	29
• Gesetzlich gesicherte Einspeisevergütung	58	42
• Kostendeckende Vergütung	57	43
• Zinsverbilligte Darlehen	55	45
Weiterbildungsseminare	49	51

Eine Befragung besonders engagierter Betriebe (Investoren von Anlagen nur Nutzung erneuerbarer Energien) ergab folgende Reihenfolge der Wichtigkeit von Förderprogrammen und -instrumenten in der Einschätzung der Betriebe (Reichert u. a. 1999): Am wichtigsten sind direkte Zuschüsse (weniger Steuerabschreibungen und zinsgünstige Darlehen), schriftliches Material, aber auch persönliche Information durch beauftragte oder zur Beratung herangezogene Handwerker (Tabelle 4-2).

Wesentlich für die Förderung energiesparenden Verhaltens im Sinne des vorliegenden Projekts sind vor allem Programme und Instrumente im Bereich der Information, Motivation, Beratung und Weiterbildung, die im Folgenden näher erläutert werden. Aber auch hier gilt, dass vorrangig ein gesamthaftes Wissen vermittelt wird, das Investitions- und Verbrauchsverhalten einschließt.

4.1 Schriftliche Informationen

Zum Informationsangebot im Kleinverbrauchssektor wurden auf Branchenebene und für die einzelnen Anwendungsbereiche Recherchen durchgeführt. In der Regel erfolgten diese telefonisch bei Verbänden, Handwerkskammern, Industrie- und Handelskammern, Branchen-Fachinstituten, Energieversorgungsunternehmen, Energieagenturen und Energieberatern. Die Informationsschriften wurden nach ausgewählten Kriterien betrachtet, z. B. danach, ob sie Verhaltensaspekte und konkrete Hinweise auf durchzuführende Maßnahmen – einschließlich Kleininvestitionen – enthalten.

An schriftlichen Informationen besteht insgesamt kein Mangel. Es findet sich ein breites Spektrum hinsichtlich der Inhalte, des Umfangs und des Detaillierungsgrades, aber die Branchen sind sehr unterschiedlich abgedeckt. Einige Informationsmaterialien befassen sich fast ausschließlich mit dem Umweltaspekt und nur am Rande mit Energieeinsparung. Die meisten Broschüren enthalten auch Hinweise zum Verhalten, aber es gibt keine Broschüre speziell zum Verhalten. Überhaupt keine branchenspezifischen Informationsmaterialien existieren in Deutschland für das Metall-, Holz- und Baugewerbe sowie für den privaten Verwaltungsbereich (siehe Tabelle 4.1-1).

Für Handel und Gewerbe stehen als schriftliche Informationen in erster Linie Branchenleitfäden zur Verfügung, die häufig in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Berufs- oder Branchenverbänden erstellt wurden. Der Schwerpunkt liegt hier meist im investiven Bereich. Maßnahmen zur Verhaltensänderung werden, wenn überhaupt, nur am Rande behandelt.

Tabelle 4.1-1: Studien und Informationsbroschüren zur Energieeinsparung im Kleinverbrauchssektor

Bereich	**Studien**	**Informationsbroschüren**
Kleingewerbe: Metall, Kfz, Holz, Papier, Druck etc.	keine speziellen Studien bekannt	Kfz, Metall: NRW und Hessen, Schreinereien: Schweiz
Bäckereien	mehrere wissenschaftliche Studien	Broschüren des Zentralverbands und der ASEW
Fleischereien	mehrere Studien	ASEW-Broschüre
Sonstiges Nahrungsmittelgewerbe	Studien vorwiegend über Großbetriebe	für Fruchtsafthersteller und Brauereien sehr detailliert, aber schon älter
Wäschereien und Reinigungen	Studie des Hohensteiner Instituts	BGW-Informationsschriften, Broschüre „Umweltmanagement", Herstellerprospekte
Baugewerbe	Studie der Forschungsvereinigung der Deutschen Asphalthersteller	keine Broschüren bekannt
Landwirtschaft	Studien über Einzelaspekte	HEA- und AEL-Broschüren, KTBL-Broschüre, Herstellerprospekte
Gartenbau	Umfrageergebnisse	AEL-Broschüren
Einzelhandel	Deutsches Handelsinstitut	Energie- und Wasserkosten im Einzelhandel; Schweiz: Kühlmöbel
Großhandel	keine speziellen Studien bekannt	keine spezielle Broschüre bekannt
Kreditinstitute, Versicherungen	RAVEL (Schweiz)	Schweiz: „Mehr Büro mit weniger Strom"
Hotels, Gaststätten	RAVEL (Schweiz)	zahlreiche Broschüren
Freie Berufe, sonstige Dienstleistungen, Organisationen	keine speziellen Studien bekannt	keine Broschüren bekannt
Kommunen, öffentliche Verwaltungen	BINE-Studien u. a.	VDEW-Leitfaden, BINE
Schulen	Studie „Energierationalisierung in Schulen"	zahlreiche Broschüren im Rahmen von 50/50-Modellen, BINE
Krankenhäuser	„Energierationalisierung im Krankenhaus"	Bonner Energie-Report (Schwerpunkt Kraft-Wärme-Kopplung), BINE
Bäder	mehrere Studien	EU-Broschüre, Schriften des Bundesinstituts für Sportwissenschaften, BINE

Abkürzungen: AEL Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft, ASEW Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung des Verbands kommunaler Unternehmen, BGW Bundesverband Gas- und Wasserwirtschaft, HEA Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung, KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, RAVEL Impulsprogramm Rationelle Elektrizitätsverwendung, VDEW Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke, BINE Bürger-Information Neue Energietechniken

Die Inhalte von Brancheninformationen zum Energiesparen sind sehr unterschiedlich. Sie reichen von der Kurzbeschreibung von Beratungsergebnissen eines oder mehrerer Muster- oder Pilotbetriebe (z. B. „Energieeinsparung im Handwerk" der Stadt Düsseldorf 1995) bis zu einer Zusammenstellung von Handlungsanweisungen und Checklisten (z. B. „Der umweltbewusste Hotel- und Gaststättenbetrieb" 1993). Manche Leitfäden enthalten auch konkrete Handlungsanweisungen, Beispielrechnungen, Kennzahlen und Checklisten. Etwa für Fleischereien, Bäckereien, Friseure und Lebensmittel-Einzelhandel gibt es mehrere Beispiele (vgl. Zusammenstellung aus: „Musterleitfaden für Branchen-Energiekonzepte", LZE NRW, 1997). Insgesamt ist die Übertragbarkeit und damit der Nutzen für andere Betriebe sehr unterschiedlich, allerdings bei verhaltensbedingten Maßnahmen sehr hoch. Vielfach sind es Veröffentlichungen im Rahmen von Pilotaktionen. Vor allem die Energieagenturen bieten Informationsmaterial in Form von Publikationen über beispielhafte Projekte an. Sie beziehen sich allerdings fast ausschließlich auf investive Maßnahmen.

Für manche Branchen gibt es Forschungsberichte zur rationellen Energienutzung (siehe Tabelle 4.1-1). Deren Inhalt kann ein kleiner Betrieb schon vom Umfang her nur in Ausnahmefällen nachvollziehen. Veröffentlichungen in Fachzeitschriften werden häufig gelesen, enthalten jedoch selten hinreichend umsetzungsorientierte Handlungsanleitungen.

Für den Bereich Raumwärme gibt es mehrere Studien und Broschüren, die sich nicht auf spezielle Branchen beziehen, z. B. den Leitfaden „Rationelle Wärmenutzung in KMU" und eine Broschüre der Ruhrgas.

Im Bürobereich gibt es einzelne gute Broschüren und Leitfäden, die aber nur in einzelnen Verwaltungen (z. B. städtische Einrichtungen in Hamburg) erarbeitet wurden und angewendet werden. Ein gutes Beispiel für die Motivation der Mitarbeiter ist die Versendung von lustigen Minipostern und Postkarten an die Mitarbeiter der öffentlichen Verwaltung in Hamburg zusammen mit der Gehaltsabrechnung.

Umfangreiches Informationsmaterial ist für die Einführung von Energiemanagement in Kommunen verfügbar. Hier werden Einsparpotenziale durch Verhaltensänderung allerdings nur am Rande behandelt. Dafür enthalten sie viele konkrete Beispielrechnungen und Kennzahlen, die eine konkrete Ist-Analyse des Energieverbrauches ermöglichen. Häufig wird auch auf Umsetzungsstrategien hingewiesen, z. B. Motivation der Beteiligten oder Anregung von Akteurskooperationen (BINE, DIFU-Leitfäden u. a.).

4.2 Beratung

Hinweise zu energiesparendem Verhalten können auch im Rahmen einer Energieberatung vermittelt werden. Hier kann die VDI-Norm 3922 „Energieberatung für Industrie und Gewerbe“, zugrunde gelegt werden. Bei diesem Leitfaden zur Durchführung von Energieberatungen werden Energieeinsparungen durch Nutzerverhalten nicht explizit erwähnt, aber die Norm weist ausdrücklich darauf hin, dass die Beratung gewerkeübergreifend sein soll. Auch auf die soziale und innerbetriebliche Akzeptanz von Maßnahmen wird hingewiesen. Im Wesentlichen handelt es sich aber um Richtlinien für die Durchführung einer Energieberatung und Hinweise darauf, welche Inhalte sie umfasst und zu welcher Art von Ergebnissen sie führt. Sie erleichtert die Kommunikation zwischen Berater und Kunden. Mit einem Preis von über 80 DM gehört sie allerdings mit Sicherheit nicht zur Standardlektüre der Berater oder der Betriebe.

Die VDI-Norm 3922 enthält zwar einige wichtige Hinweise zur Auswahl eines geeigneten Beraters mit entsprechender Qualifizierung. Die Berufsbezeichnung Energieberater ist allerdings nicht geschützt. Dementsprechend groß ist die Bandbreite der Ausbildungen der Energieberater. Sie reicht vom Handwerker über Ingenieure bis zum Unternehmensberater mit betriebswirtschaftlichem Hintergrund.

Hemmnisse der Energieberatung

Die öffentlich geförderten Energieagenturen in den Bundesländern (Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein sowie einige regionale Energieagenturen) richten ihre – vor allem beratende – Tätigkeit insbesondere an Zielgruppen im Kleinverbrauch, z. B. kleine und mittlere Kommunen, öffentliche Einrichtungen und mittelständische Unternehmen. In der Regel werden Initialberatungen angeboten. Die Erfahrungen der Energieagenturen aus diesen Beratungen im Hinblick auf verhaltensorientierte Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Clausnitzer/Münch 1998):

- Hemmnisse bestehen in Form von Kenntnismangel, innerbetrieblichen Motivationsproblemen, mangelnder Zusammenarbeit verschiedener Betriebsteile, fehlenden Anstößen von außen, z. B. von Ingenieuren oder Handwerkern.
- Kleinere Betriebe sind zurückhaltend hinsichtlich der Resonanz auf Informations- und Motivationsangebote und oft skeptisch gegenüber Vorschlägen.
- Fördernde Faktoren für die Umsetzung von Maßnahmen im Betrieb sind engagierte Geschäftsführer und technische Leiter, vorhandene ökologische Einstellungen und zukunftsorientiertes Denken.

In Betrieben besteht in aller Regel eine klare Prioritätensetzung. Vorrang haben Maßnahmen zur Wettbewerbssicherung. Mögliche Beratungsangebote könnten sich jedoch an aktuellen Problemstellungen orientieren, wie z. B. dem billigen Stromeinkauf. Die Rahmenbedingungen des Marktes ändern sich allerdings häufig. So muss das Beratungsangebot ständig den aktuellen Gegebenheiten angepasst und dementsprechend vermarktet werden.

Manchmal haben Unternehmen aber auch Schwierigkeiten, aus einer Vielzahl von Beratungsangeboten das für sie Richtige zu identifizieren, z. B.

- kostenlose Initialberatungen der Energieagenturen,
- Beratungsangebote von Energieversorgern, die manchmal an weitere Verpflichtungen geknüpft sind,
- kostenpflichtige Beratungsangebote von unabhängigen Energieberatern,
- Sanierungs- und Finanzierungsberatungen von Contractoren,
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Fachplanern,
- Beratungsangebote von Stromhändlern,
- Optimierungsberatung für Energielieferverträge,
- Beratungen durch Schornsteinfeger und Heizungs-, Klima-, Lüftungstechniker
- Unternehmensberatungen.

Förderung der Energieberatung

Erhebungen zeigen, dass im Kleinverbrauchssektor nur rund 20 % der Betriebe eine Energieberatung in Anspruch nehmen, und zwar um so seltener, je kleiner sie sind (Geiger/Gruber/Megele 1999). Gerade in kleinen Betrieben sind aber Zeitmangel, Kenntnisdefizite, Personalmangel und Risikoscheu gravierende Hemmnisse für Energieeffizienz-Maßnahmen. Viele halten ihren Informationsstand über rationelle Energienutzung für ausreichend, die Hälfte glaubt, dass alle Effizienz-Potenziale schon ausgeschöpft sind, und zwar um so häufiger, je kleiner die Betriebe sind. Kleinere Betriebe lassen sich vor allem von Energieversorgern, je nach Branche auch von Branchenverbänden und größere Betriebe vor allem durch freie Berater oder Ingenieurbüros beraten. Schon seit 1978 fördert das Bundeswirtschaftsministerium die Energiesparberatung in kleinen und mittleren Unternehmen. Das Programm gewährt Unternehmen bis zu einer Umsatzgrenze von 30 Mio. DM Zuschüsse von 40 % der in Rechnung gestellten Beratungskosten, höchstens jedoch 3.200 DM pro Beratung. Je kleiner die Unternehmen sind, um so weniger haben sie Kenntnis von diesem Programmen und um so seltener nehmen sie Fördermittel in Anspruch (Karl 1994). Seit seinem Bestehen wurden die jährlich bereitgestellten Haushaltsmittel nicht ausgeschöpft; 1998 gab es z. B. nur 235 Förderfälle.

Ein weiteres Förderprogramm des Bundes ist die **Vor-Ort-Beratung**. Es richtet sich in erster Linie an die Besitzer von Ein- und Mehrfamilienhäuser und umfasst

sowohl Verhaltensmaßnahmen als auch Investitionsempfehlungen. Die Beratung für einen Gewerbebetrieb kann gefördert werden, wenn das Gebäude überwiegend zu Wohnzwecken genutzt wird. Die Förderung liegt je nach Anzahl der Wohneinheiten (1–120) derzeit zwischen 650 und 900 DM, so dass sich die Unternehmen mit der oben genannten Energiesparberatung deutlich besser stehen.

Wirtschaftsorganisationen könnten zur Beratung motivieren, indem sie z. B. betriebliche Erfolgsbeispiele veröffentlichen, die zeigen, wie Einsparpotenziale durch Maßnahmen mit geringem Aufwand erschlossen werden können, und ein „Benchmarking-System“ mit Energiekennzahlen anbieten. Über Kosten und Nutzen einer Energieberatung vor Ort werden die Betriebe kaum informiert. Eine erfolgsabhängige Vergütung ist in der Regel problematisch, da sich viele Einsparungen nicht eindeutig einer bestimmten Maßnahme zuordnen lassen.

Mobile Energieberatung

Erste Erfahrungen mit der Gewerbeberatung in Form einer mobilen Energieberatung, die den Energieberater direkt vor Ort bringt, hat die Energieagentur NRW ab dem Spätsommer 1999 gemacht. Der „Energiebus“ fungiert als rollendes Energie-Beratungs-Center und wählt als Standorte u. a. Gewerbeparks und größere Betriebe aus. Die Mitarbeiter erhalten unmittelbar an ihrem Arbeitsplatz Informationen zu Energiesparmöglichkeiten, sowohl mündlich direkt von einem Berater als auch schriftlich. Der Bus macht auch in Fußgängerzonen und Märkten Station und öffnet seine Türen für Privatpersonen.

Mitarbeiter sind für den Einsatz zuständig: ein Organisator, eine Sekretärin, zwei Berater, von denen der eine auch gleichzeitig Fahrer des Busses ist. Der Bus wird flächendeckend in ganz Nordrhein-Westfalen eingesetzt und wird mehrere Jahre unterwegs sein. Die Besucher des Energieberatungsmobils erhalten einen Überblick über das gesamte Energieberatungs-Programm der Energieagentur NRW und können auf Wunsch direkt vor Ort eine unentgeltliche Erstberatung in Anspruch nehmen. Das Beratungsteam deckt alle Themen rund um die effiziente und ökonomische Energienutzung ab und gibt auch Tipps zu Finanzierung und Förderprogrammen.

Das Mobil ist mit vielfältiger neuer Technik ausgestattet. So können die Besucher eine Energie-Datenbank zu Produkten, Anbietern und Dienstleistungen nutzen oder sich mit Hilfe von interaktiver Software und reichhaltigem Filmmaterial zu allen Energiethemen informieren. Zusätzlich sind Demonstrationsobjekte zum Einsatz von Wind-, Wasser und Sonnenenergie bereitgestellt.

Das neue Angebot des Landes NRW wird sehr gut angenommen und der Bus ist auf Monate im Voraus ausgebucht.

4.3 Weiterbildung

Eine Weiterbildung von Mitarbeitern in Betrieben und Einrichtungen des Kleinverbrauchssektors sowie von ihren Beratern allein zu verhaltensorientierten Maßnahmen gibt es bisher nicht. Sie ist auch nicht anzustreben. Dieses Thema muss in umfassendere Veranstaltungen eingebunden werden, sollte dabei aber einen hohen Stellenwert erhalten und z. B. als eigener Schwerpunkt behandelt werden. Dabei sind drei Zielgruppen zu unterscheiden:

- die Anwender selbst
- Energieberater sowie
- Planer und ausführendes Handwerk.

Für die Anwender, bei denen die Behandlung von Energiefragen nur eine Randaufgabe darstellen, ist eine berufsbegleitende Weiterbildung in kurzen Seminaren und Motivationsveranstaltungen sinnvoll. Vor einigen Jahren ergaben Recherchen (z. B. Gruber/Reichert 1992), dass kein systematisches Seminarangebot hierzu vorlag. Inzwischen laufen in mehreren Bundesländern öffentlich geförderte „Impulsprogramme“ nach dem Modell des Schweizer RAVEL-Programms (Rationelle Verwendung von Elektrizität). Sie vermitteln Wissen über Energieverbrauchsschwerpunkte, Techniken und Maßnahmen zur rationellen Energienutzung an die Berufspraktiker. Darin sind unter anderem auch Verhaltensaspekte enthalten. Für die Führungsebene stehen motivierende Argumente, grundsätzliche Hinweise auf die Durchführbarkeit von Energiesparmaßnahmen und beispielgebende Erfahrungen aus der Praxis im Vordergrund, während Betriebstechnikern und Hausmeistern der energiegerechte Betrieb von Anlagen und Gebäuden vermittelt wird.

Bislang gibt es kein bundesweites Impulsprogramm in Deutschland, aber entsprechende Initiativen in mehr oder weniger großem Umfang in einigen Bundesländern. Der Kleinverbrauchssektor wird z. B. mit folgenden Seminarangeboten angesprochen:

- Energieeinsparung und Kostensenkung bei der Beleuchtung von Bürobauten und Schulen (NRW)
- Profitables Stromsparmanagement (NRW)
- Energie- und kosteneffizient lüften und klimatisieren – Planung, Sanierung und Betrieb (NRW)
- Energie- und kostensparender Betrieb von öffentlichen Gebäuden – Praktisches Anwenderwissen für Hausmeister (NRW)
- Rationelle Elektrizitätsverwendung bei Bürogeräten und stromsparendes Nutzerverhalten im Büro (NRW)
- Licht in Schulen und Verwaltung (Hessen)

- Stromsparcheck in Gebäuden (Hessen)
- Workshop für EDV-Verantwortliche (Hessen)
- Rationelle Stromnutzung in Handel und Gewerbe (Hessen).

Für Energieberater gibt es umfassende Weiterbildungsprogramme, z. B. ein knapp einjähriger Energieberaterlehrgang bei der Technischen Akademie Esslingen mit Studien- und Präsenzphasen, in dem auch Verhaltensaspekte thematisiert werden. Die TU Berlin bildet berufsbegleitend in neun Monaten zum „Energieberater/Energiemanager" aus und die Fachhochschule Darmstadt in drei Semestern bis zum Diplomabschluss „Energiewirt". Energieberater der Energieversorgungsunternehmen werden seit einigen Jahren branchenintern geschult (z. B. ASEW, VDEW, HEA). Daneben gibt es weitere private Institutionen und Branchenverbände sowie die Handwerkskammern, die mehrwöchige Kurse und Praktika anbieten.

Über direkte Auswirkungen der Impulsprogramme auf tatsächliche Verhaltensänderungen sind wegen der komplexen Wirkungszusammenhänge und der unterschiedlich behandelten Aspekte keine Aussagen möglich. In der Schweiz geht man davon aus, dass die dort schon seit 1978 laufenden Programme zu einer generellen Erhöhung des Energiebewusstseins bei Planern, Handwerk und Anwendern geführt haben. Konkrete Auswirkungen manifestierten sich z. B. in der Einführung einer Energiekennzahl für Gebäude und von Stromkennzahlen für typische Gebäude und Räume, die Weiterführung von Kursen und Aktivitäten nach Programmende durch Verbände, Kantone und Elektrizitätswirtschaft, die Unterstützung des Aufbaus eines Energieberaterwesens in der Schweiz und dem Eingang der Inhalte in die Erstausbildung (Bundesamt für Konjunkturfragen 1989; 1996a, 1996b). Für Nordrhein-Westfalen und Hessen lässt sich feststellen, dass sich die Impulsprogramme dort ein gutes Renommé als qualitativ hochwertig und neutral aneigneten und große Resonanz bei Veranstaltern, Zielgruppen und Fachleuten finden (Gruber u. a. 1997; 1999).

Die EU fördert Forschungsvorhaben, Pilotprojekte, Qualifizierungsmaßnahmen und Kongresse, die einen europäischen Bezug haben. So ist z. B. das SAVE-Programm interessant bei der Entwicklung von neuartigen Schulungs- und Verbreitungsmaßnahmen durch Verbände, der öffentlichen Hand oder Weiterbildungsträgern.

4.4 Finanzielle Anreize für Kleininvestitionen

Unter Kleininvestitionen werden in der vorliegenden Studie Zusatzgeräte mit Kosten bis zu etwa 100 DM/Geräte verstanden, die den energiesparenden Betrieb elektrischer Geräte vereinfachen und in manchen Fällen überhaupt erst ermöglichen. Hierzu gehören Zeitschaltuhren, Bewegungsmelder, Treppenhausautomaten sowie

Zusatzgeräte für Fernseher, Computer, Monitore, Drucker, Kopierer, Faxgeräte und kleine Warmwassererzeuger. Auch eine Kompaktleuchtstofflampe wird als Kleininvestition betrachtet. Dagegen fallen eventuelle Mehrkosten bei der Neuanschaffung von besonders energiesparenden Geräten, z. B. Bürogeräten, nicht hierunter. Zu bedenken ist, dass in größeren Betrieben in der Regel größere Mengen solcher Geräte, Lampen etc. angeschafft werden müssen und dadurch – absolut gesehen – je nach Anwendungsfall hohe Investitionskosten entstehen können. Kriterium für eine „Kleininvestition" ist daher eine sehr kurze Amortisationszeit.

Zuschüsse für Kleininvestitionen wurden in Deutschland bisher in aller Regel auf kommunaler Ebene und von Energieversorgern angeboten. Zielgruppe sind in erster Linie private Haushalte. Es wurde untersucht, inwieweit solche Programme auf den Kleinverbrauchssektor übertragbar sind. Dabei wurden auch Erfahrungen im Ausland einbezogen.

Häufig sind die finanziellen Anreize in Aktionen oder Kampagnen eingebunden, die auch Information und Beratung umfassen, z. B. Verleih von Strommessgeräten, Energiespartips, Anleitung zur Stromverbrauchserfassung, Energieberatung, Verlosung energiesparender Geräte, Verschenkaktion von Energiesparlampen etc. Es kann davon ausgegangen werden, dass Betriebsleiter im Kleingewerbe, freie Berufe und andere kleine Büros durch die Haushaltskampagnen angesprochen und motiviert werden können. Bei größeren Unternehmen dürfte eine Verschenkaktion einzelner Energiesparlampen oder Zusatzgeräte wenig Interesse hervorrufen. Die finanzielle Förderung solcher Investitionen für eine Gesamtausstattung der Betriebe erscheint bei der gegebenen Rentabilität nicht notwendig. Aktivitäten zur kooperativen Beschaffung, d. h. zur Bündelung des Kaufs von Lampen oder Zusatzgeräten könnten für kleine bis mittelgroße Unternehmen interessant sein. Dies wäre z. B. über Verbände und Kammern oder auf kommunaler Ebene zu organisieren.

Erforderlich ist vor allem die Motivation und Information der Entscheidungsträger und der Mitarbeiter, wie sie am besten im Rahmen gezielter Aktionen erfolgen kann (siehe Abschnitt 4.5), um Hemmschwellen zu senken („Das haben wir immer schon so gemacht") und die Sensibilität für das Thema zu erhöhen (es zur „Chefsache" machen und die Mitarbeiter einzubinden). Die Beteiligung an solchen Programmen dürfte auch für Hersteller, z. B. von Energiesparlampen, interessant sein. Hierbei bieten sich unter anderem Verschenkaktionen einzelner Lampen oder Geräte zu Demonstrationszwecken an.

Bisher legten kommunale Energieversorger Programme mit finanziellen Anreizen für Investitionen häufig vor dem Hintergrund des Least-Cost Planning auf. Diese Programme bewegen sich in gewerblichen Sektoren eher im Bereich größerer Investitionen, wie z. B. der Sanierung der Beleuchtung in Bürogebäuden (Stadtwerke Hannover). Einige Programme zielen aber auch auf Kleininvestitionen, wie z. B. dem Austausch von Glühlampen gegen Kompaktleuchtstofflampen ab („Energie-

sparlampen in der Gastronomie“). Inwieweit diese Programme weiter ausgebaut werden, hängt in erste Linie von der Entwicklung des liberalisierten Strommarktes ab und davon, ob die Kunden solche Programme honorieren. Es ist nicht auszuschließen, dass in Zukunft entsprechende Anreize an langfristige Versorgungsverträge gekoppelt werden.

Es bleibt abzuwarten, inwieweit Energiedienstleister (Energieversorger, aber auch neue Akteure, z. B. ESCOs) gerade bei Gewerbekunden Einsparpotenziale erschließen. Derzeit werden überwiegend Großinvestitionen, zum Teil im Rahmen von Contracting-Maßnahmen, umgesetzt, da sie über hohe Einsparpotenziale verfügen. Kleininvestitionen sind hinsichtlich einer langfristigen Kundenbindung von Interesse oder können als Marktöffner dienen. Sie haben aber den Nachteil, dass sie für den Anbieter auf den ersten Blick einen hohen Aufwand im Vergleich zum Gewinn bedeuten. Da Einsparungen über Kleininvestitionen nur bei entsprechenden Stückzahlen erreicht werden, kann eine Zusammenarbeit und damit eine Vereinfachung der Verbreitung durch Einbindung von Herstellern und Energiedienstleistern auf bundesweiter Ebene mit entsprechendem kundenspezifischen Marketing durchaus interessant sein.

4.5 Aktionen

Einmalige Programme oder solche, die den Nutzer auf verschiedene Weise zu klimagerechtem Verhalten anregen sollen, ohne einen der klassischen Wege einzuschlagen (Beratung, schriftliche Informationen etc.), werden unter der Rubrik „Aktionen“ zusammengefasst. Tabelle 4.5-1 gibt einen Überblick über die beispielhaft im Rahmen des Projektes identifizierten Programme und deren Zuordnung zu Programmarten.

Eine Verhaltensänderung hin zu einem sparsamen Umgang mit Energie erfordert in erster Linie eine Sensibilisierung des Nutzers für Energiefragen. Nur wenn der Nutzer seinem eigenen Verhalten Aufmerksamkeit schenkt, kann erwartet werden, dass er dieses Verhalten kritisch hinterfragt und ggf. ändert. Die Bereitschaft ist dabei eng an Anreize und Erfolgserlebnisse geknüpft.

Energiesparwochen

Bei „Energiesparwochen“ handelt es sich um ein Dienstleistungsangebot – in der Regel von einer öffentlichen Stelle entwickelt und angeboten – das Unternehmen in Anspruch nehmen können. Je nach Konzeptwahl initiiert und unterstützt ein externes Team die Aktion („Aktionswoche E-Fit“ der Energieagentur Nordrhein-Westfalen – vgl. Tabelle 4.5-2, „Energiesparwochen“ von E2000 in der Schweiz – vgl.

Tabelle 4.5-3), oder das Unternehmen organisiert die Kampagne eigenständig mit Hilfe einer Anleitung (z. B. Leitfaden zu den Klima-Kampagnen „ProPrimaKlima“ und „Dem Klima eine Chance“ der KEBAB gGmbH in Berlin).

Tabelle 4.5-1: Aktionen zur Anregung von klimagerechtem Verhalten

Programmart	Programmbeispiele	Initiator	Verbreitungsgebiet
Energiesparwochen	Aktionswoche E-Fit, RAVEL NRW	Energieagentur NRW	NRW
	Energiewochen für Dienstleistungsunternehmen/KMU	Energie 2000	Schweiz
	Aktionsmonat „ProPrimaKlima“ in öffentlichen Einrichtungen (Verwaltungen)	KEBAB gGmbH	Bundesrepublik Deutschland
	Aktionsmonat „Dem Klima eine Chance“	KEBAB gGmbH	Bundesrepublik Deutschland
Medienkampagne	Stromsparaktion: Aufruf zum Stromsparen in Haushalten und Betrieben in einer Broschüre und in der Presse. Zusätzliche Veranstaltungen.	Wetteraukreis, BUND	Wetteraukreis
	Klimaschutzaktion mit Rückmeldung über das persönliche Einsparziel	Nordlicht, Stadt Kiel	ursprünglich Kiel, heute bundesweit
Stromspar-Partnerschaft	Exemplarische Untersuchung eines Gemeindegebäudes	Wetteraukreis, BUND	Wetteraukreis
Energiespar-Wettbewerbe	z. T. integriert bei Energiespar-Woche	s. o.	s. o.
	Ideenwettbewerb	Nordlicht, Stadt Kiel	Kiel

Über einen Zeitraum von mehreren Wochen (in der Regel 2–5 Wochen) wird das Thema „Energiesparen“ Inhalt einer Kampagne in einem Unternehmen oder in einer öffentlichen Einrichtung. Während dieser Zeit werden die Mitarbeiter über Einsparpotenziale durch Verhaltensmaßnahmen informiert und erhalten konkrete Hinweise, wie sie diese an ihrem Arbeitsplatz nutzen können. Die Kampagne ist prinzipiell von jedem Unternehmen oder jeder öffentlichen Einrichtung durchführbar. Sie konzentriert sich dabei allerdings auf die Büro- und Verwaltungseinheiten. Eine Ausdehnung auf den Produktionsbereich ist aber nicht prinzipiell ausgeschlossen.

Ziel der Energiesparwochen ist die Einsparung von Energie durch die Reduzierung von überflüssigen Energieverbräuchen. Hauptaugenmerk liegt dabei auf (unbewusstem) Nutzerverhalten. Es wird angestrebt, die Senkung des Verbrauchs nicht nur für den Aktionszeitraum, sondern auch darüber hinaus zu realisieren.

Tabelle 4.5-2: „Aktionswoche E-Fit“ der Energieagentur Nordrhein-Westfalen

Module	Inhalte
Energieverbrauchs-messung	Referenzmessung vier Wochen vor der Aktionswoche, Messung während der Aktionswoche(n)
Info-Aktionen	Informationsmittel wie z. B. Plakate, PC-Clips und Tischkarten
Ideenwettbewerb	Sammlung und Prämierung von weiteren Energiesparvorschlägen der Mitarbeiter
Mitarbeiterworkshops	„Optimierung des Energieverbrauchs im Betrieb“: Forum in dem Mitarbeitern produktions-, haustechnische und organisatorische Möglichkeiten zur Energieeinsparung aufspüren können
Auswertung	Ergebnisauswertung und -umsetzung der Erkenntnisse aus den Aktionswochen
Ergebnispräsentation	hausinterne Darstellung der Ergebnisse
Öffentlichkeitsarbeit	öffentliche Darstellung der Ergebnisse, Pressemitteilungen
Zeitrahmen:	1–2 Wochen Aktionswoche (mit Einbeziehung der Mitarbeiter) + Vor- und Nachbereitungszeit
Zielgruppen:	Unternehmen aus Industrie, Handwerk, Dienstleistung und Handel mit größeren Büro- und Verwaltungsabteilungen
Verbreitungsgebiet:	Nordrhein-Westfalen
Kooperations-möglichkeit:	neben der Energieagentur können auf Wunsch auch Energieversorger, Hersteller oder Umweltorganisationen einbezogen werden
Leistungen der EA NRW:	Entwicklung des Messkonzepts und Bereitstellung der Messtechnik. Bereitstellung von Informationsmitteln: z. B. Plakate, PC-Clips und Tischkarten. Unterstützung bei Planung und Realisierung des Ideenwettbewerbs und der Mitarbeiterworkshops. Begleitung bei der Auswertung und der Ergebnispräsentation evtl. Unterstützung bei der Vermarktung
Kosten für das Unternehmen:	Beraterhonorar für die Messung Bereitstellung der Preise für den Mitarbeiter-Wettbewerb Punktuelle Einbindung von Mitarbeitern und Führungskräften u. U. Beteiligung an Kosten für Kommunikationsmittel
Erwarteter Einspareffekt:	10–20 % Energieeinsparung
Verbreitung/Akzeptanz:	bis November 1999: 4 Unternehmen (Brauerei, Textilunternehmen, Krankenhaus, Stadtwerke)
Geplante Aktionen:	Stadtwerke, Elektrogerätehersteller

Die Motivationsaktion besteht aus mehreren Komponenten, die von den Unternehmen frei zusammengestellt werden können. Basiskomponente ist immer der Einsatz von Kommunikationsmitteln. Informationen zu Verhaltensmaßnahmen werden schriftlich, in Workshops oder in Vorträgen vermittelt, aber ohne in den Betriebsablauf einzugreifen. Weitere Komponenten können Ideenwettbewerbe, Computeranimationen und individuelle Beratungen sein. Ein wichtiger Aktionsschritt ist eine Verbrauchsmessung. Sie erfolgt vor der eigentlichen Kampagne (Referenzmessung) und während der Aktionsphase, in der die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen angehalten sind, Energie zu sparen. Um den Beteiligten den Erfolg ihrer Bemühungen direkt zu vermitteln und somit ihre Motivation zu steigern, werden die Messergebnisse visualisiert.

Die Aktionswochen sollten idealerweise im Winter stattfinden da in dieser Zeit mehr Energieverbraucher zusätzlich in Benutzung sind (Beleuchtung, Heizung) und das Verhalten der Mitarbeiter mehr Einfluss hat. Die Sensibilität für das Energiethema ist in diesen Monaten grundsätzlich höher als im Rest des Jahres.

Seit Mitte 1999 bietet die Energieagentur Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Impuls-Programms RAVEL die Aktionswoche „E-Fit“ an. Mit einer starken Öffentlichkeitsarbeit werden Unternehmen auf dieses Angebot aufmerksam gemacht. Besonders die Einsparerfolge der teilnehmenden Unternehmen finden viel Gehör in den Medien. Obwohl keine direkte Akquisition stattfindet steigt die Nachfrage immer mehr an. Die Aktion „E-Fit“ ist so konzipiert, dass sie auch ohne weiteres als Gesamtpaket an andere Anbieter (z. B. Energieagenturen in anderen Bundesländern) verkauft werden kann.

Das Produkt „Energiesparwochen“ in der Schweiz wurde vom E2000-Ressort Dienstleistungen entwickelt und wird auch von den E2000-Ressorts Öffentliche Hand und Gewerbe an interessierte Betriebe vermittelt. Die Ressorts Spitäler und Industrie planen ebenfalls eine Anpassung der Aktion an die Bedürfnisse ihrer Zielgruppen.

Tabelle 4.5-3: „Energiesparwochen“ von Energie 2000 in der Schweiz

Module	Inhalte
Energieverbrauchs-messung	Variante A: Messung am Hauptzähler Variante B: Messung auch an Nebenstellen + Energieanalyse Variante C: erweitertes Messkonzept (Energiefluss, Jahresverbrauch, laufende Energiekontrolle, Energieanalyse, Sanierungen)
Info-Aktionen	Grundpaket mit verschiedenen Aktionsmitteln: Broschüre, Menühalter und Tischkarten, Früchtekorb, Aufkleber, Computeranimation
Ideenwettbewerb	Preisausschreiben - Preise werden unter den richtigen Antworten verlost
Ergebnispräsentation	laufende Information über Sparverlauf mittels Kurvendiagramm und Stromtacho; Artikel in Firmenzeitung und Infobrettern
Öffentlichkeitsarbeit	Ergebnisse festhalten; Energieanalyse bei Messvariante B + C
Zeitrahmen:	empfohlen: 5 Wochen Messbetrieb (in der 3. Woche: Informationskampagne) inkl. Auswertung + Vorbereitungszeit
Zielgruppen:	Unternehmen aus Dienstleistung, Gewerbe und Handel mit größeren Büro- und Verwaltungsabteilungen (in der Industrie und bei Krankenhäusern geplant)
Verbreitungsgebiet:	Schweiz
Leistungen von E2000:	Grundpaket mit Aktionsmitteln wird gegen Entgelt zur Verfügung gestellt (auch für den Wettbewerb) Unterstützung bei Organisation und Durchführung durch E2000-Fachleute Technischer Support bei Messungen; Messgeräte und Anzeigen werden gegen eine Leihgebühr zur Verfügung gestellt.
Kosten für das Unternehmen:	Honorar für die Energieuntersuchung je nach Bedarf und Komplexität Honorar für Projektleitung (E2000) für Unterstützung bei Planung und Realisierung Material-/Leihkosten, Wettbewerbspreise Gesamt: 1.000-3.000 SF für KMU, 5.000-18.000 SF für mittlere und große Firmen
Erwarteter Einspareffekt:	5–20 % Energieeinsparung
Verbreitung/Akzeptanz:	bis Juli 1999: 72 Energiesparwochen in KMU, mehr als 75 Aktionen in Banken, Versicherungen, Verwaltungen, Industrie

Tabelle 4.5-4: Beispielergebnisse der Energiesparwochen in der Schweiz (E2000)

Teilnehmer	**Eingesetzte E2000-Maßnahmen**	**Einsparungen**	**Erfahrungen**
Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschafts-department, Basel	Energiespar-woche	1.050 kWh in 3 Wochen (7 % des Stromverbrauchs)	Erfolg rein durch Maßnahmen mit wenig Aufwand (Licht und Geräte öfters ausschalten)
Bank Sarasin & Cie, Basel und Zürich	Energiespar-woche, Energieleitbild	8800 kWh in 3 Wochen (13,8 % des Stromverbrauchs)	Rücklauf beim Wettbewerb: über 50 % der Belegschaft, Aktion wurde sehr positiv aufgenommen
Berner Versicherung, Bern	Energiespar-woche (Energieleitbild in Vorbereitung)	441.472 kWh auf das ganze Jahr bezogen (16,3 % des Stromverbrauchs)	Knapp 700 MA einbezogen, Woche zog regelmäßige Betriebsoptimierung nach sich

Projektträger der Aktionen „ProPrimaKlima“ und „Dem Klima eine Chance“ ist die KEBAB gGmbH (Kombinierte Energiespar- und Beschäftigungsprojekte aus Berlin). Die Organisation versucht in ihren Projekten sowohl eine effiziente Energieverwendung als auch die Förderung von Arbeitsplätzen umzusetzen. Speziell um Aktionen die auf die Veränderung von Nutzerverhalten in öffentlichen Gebäuden abzielen, kümmert sich seit 1994 die Projektgruppe „Klima-Kampagne“. Mit Hilfe des Leitfadens „Klimaschutz am Arbeitsplatz“ sollen in öffentlichen Gebäuden Energiesparaktionen in Eigenregie durchgeführt werden die Einsparerfolge, auch über den Aktionszeitraum hinweg, bewirken.

Bis Ende 1999 wurden insgesamt ca. 10.000 Leitfäden verkauft und damit auch die 2. Auflage aufgrund der großen Nachfrage fast vollständig abgesetzt. Wie viele Aktionen mit Hilfe des Leitfadens durchgeführt wurden, ist nicht ermittelt worden und war auch nicht geplant. Es liegen nur vereinzelt Informationen von Kommunen oder Kreisen vor, die auf die Verwendung des Leitfaden bei ihren Energiespar-Aktionen hinweisen. Ein Anwendungsbeispiel ist etwa die Kreisverwaltung im Wetteraukreis, die die Aktion ProPrimaKlima im Frühjahr 1999 durchgeführt haben.

Aktuell führt die KEBAB gGmbH verstärkt Aktionen in Schulen und Kindertagesstätten durch. Hierbei wird kein veröffentlichter Leitfaden eingesetzt, sondern ein auf die Schule oder Kindertagesstätte genau zugeschnittenes Informationspaket geschnürt.

Tabelle 4.5-5: Aktionsmonate „ProPrimaKlima“ und „Dem Klima eine Chance“. Leitfaden der KEBAB gGmbH, Berlin

Module	**Inhalte**
„ProPrimaKlima“	
Haus-Check	Ermittlung von Einsparpotenzialen, Auswahl der Beratungstipps
schriftliche Informationen	Info-Zeitungen, Tafeln, Plakate, Aushänge, Merkzettel mit Beratungstipps
Runder Tisch	Beschluss von organisatorischen Maßnahmen zum Klimaschutz (für technisches Personal)
Auswertung	Ergebnisse festhalten
Öffentlichkeitsarbeit	Pressekonferenz, Pressemitteilung
„Dem Klima eine Chance“	
schriftliche Informationen	Info-Zeitungen, Tafeln, Plakate, Aushänge, Merkzettel, Aktionskalender mit Beratungstipps
CO_2-Bilanz	Ermittlung der persönlichen CO_2-Bilanz am Arbeitsplatz
Selbstverpflichtung	Setzen eines persönlichen Aktionszieles
Wettbewerb	Quiz-Preise werden unter den richtigen Antworten verlost
Auswertung	Ergebnisse festhalten
Öffentlichkeitsarbeit	Pressekonferenz, Pressemitteilung
Zeitrahmen:	4 Wochen Aktions-Schwerpunkt + Vor- und Nachbereitungszeit
Zielgruppen:	öffentliche Einrichtungen, Verwaltungsgebäude. Hier: sowohl Büro- als auch technisches Personal
Verbreitungsgebiet:	bundesweit
Leistungen von KEBAB:	Leitfaden mit Aktionsbeschreibung, Ablaufplänen, Kopiervorlagen
Kosten für das Unternehmen:	Preis Leitfaden (20 DM) Einbindung von Personal für die Projektleitung Materialkosten für die Kommunikationsmittel
Erwarteter Einspareffekt:	nicht benannt
Verbreitung/Akzeptanz:	ca. 10.000 verkaufte Leitfäden bis Ende 1999

Medienkampagnen

Die Verbreitung von Informationen über Energiesparmaßnahmen und die Animation zum Energiesparen erfolgt bei Medienkampagnen auf unterschiedliche Weise: Handzettel, Broschüren, Pressemitteilungen, Postkarten für Rückmeldungen etc. (Printmedien) und über Internetseiten. Die Umsetzung von Maßnahmenempfehlungen wird ohne weitere Begleitung oder Kontrolle dem Nutzer überlassen. Der Erfolg der Kampagnen hängt damit allein von der Bereitschaft und Selbstorganisation der Nutzer ab.

Um die Nutzer auf diesem Weg für die Maßnahmen zu gewinnen, ist ein Anreizsystem unumgänglich. Eine Form ist die öffentliche Bekanntmachung von Sparerfolgen (z. B. besonders erfolgreiche Spar-Gemeinden oder –Städte im Wetteraukreis). Neben den eingesparten Energiekosten wird die Einsparleistung durch öffentliche Anerkennung und im Idealfall gleichzeitig mit einem Imagegewinn und der Steigerung des Bekanntheitsgrades entlohnt. Einen besonderen Anreiz bieten Wettbewerbe (siehe besonderer Abschnitt weiter unten). Sie werden dann bei Medienkampagnen eingesetzt, wenn die Kampagne auf Rückantworten von den Nutzern aufgebaut ist.

Medienkampagnen wurden z. B. im Wetteraukreis (Hessen) und in Kiel durchgeführt.

„Die große Stromsparaktion im Wetteraukreis“

Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Kreisverband Wetterau, startete 1997 eine Kampagne in der Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Unternehmen aufgefordert wurden durch Verhaltensänderungen Strom einzusparen. Neben regelmäßigen Auftritten in der Presse mit aktuellen Stromspartipps, der Verteilung von Broschüren in der Tipps zusammengefasst sind, wurden auch Vorträge und Informationsveranstaltungen angeboten.

Zentrales Element war die Suche den besten Stromsparern und der Städte und Gemeinden mit den größten Stromeinsparungen. Haushalte und Betriebe waren aufgefordert ihre Sparmaßnahmen auf einer Aktionskarte zu vermerken. Über einen Punkteschlüssel wurden die Maßnahmen bewertet und die besten Ergebnisse sollten in der Presse veröffentlicht werden. Für die geplante wöchentliche Veröffentlichung war der Rücklauf allerdings zu dünn. Als Anreiz für die Teilnahme gab es eine Verlosung unter den Einsendern.

„Klimaschutzaktion Nordlicht“

Die Klimaschutzaktion der Universität Kiel ruft Bürgerinnen und Bürger auf, selbst beim Klimaschutz aktiv zu werden. Unter dem Motto „Machen Sie 1999 zu Ihrem persönlichen Klimaschutzjahr“ sollen sie sich Schritte vornehmen, mit denen sie ihren Energieverbrauch senken (z. B. geringere Nutzung des PKW oder der Einkauf von Geräten mit geringem Energieverbrauch). Kernstück der Kampagne ist ein vierseitiger Handzettel mit praktischen Klimaschutztipps und einem Rückmelde-Coupon, auf dem den Initiatoren der Kampagne das persönliche Einsparziel mitgeteilt wird. Bei der Verbreitung setzt die Initiative auf die Unterstützung der Bürger/innen, Kommunen, Organisationen, Unternehmen und Institutionen, die die Handzettel mit eigenem Logo nachdrucken und verteilen können. Die rückgemeldeten Einsparkilometer oder Energiespargeräte werden dokumentiert und regelmäßig veröffentlicht (u. a. im Internet). Die Absender-Adressen lassen auch einen Wettbewerb zwischen Stadtteilen oder Orten zu. Rückmeldungen kommen inzwischen aus dem gesamten Bundesgebiet und sogar aus dem Ausland.

Initiator der Kampagne ist das „Projekt Klimaschutz“ am Institut für Psychologie der Universität Kiel. Dort laufen auch die Rückmelde-Coupons ein und wird die Öffentlichkeitsarbeit koordiniert.

Stromsparpartnerschaften

Damit fehlendes Know-how nicht als Hemmnis bei der Aufdeckung und Umsetzung von Energieeinsparpotenzialen wirkt, wird von Experten eine „Stromsparpartnerschaft“ angeboten. Dieses Angebot gibt es z. B. vom BUND, Kreisverband Wetterau, für Gemeinden. Ziel der Aktion ist der unterstützten Gemeinde aufzuzeigen, wie der Stromverbrauch bis zu 30 % in öffentlichen Gebäuden gesenkt werden kann. Die Partnerschaft beinhaltet eine gemeinsame erste Analyse von ausgewählten Gebäuden oder Bereichen mit einem anschließenden Bericht für die Gemeinde.

Die Stromsparpartnerschaft versteht sich als eine Initialaktion die den Beteiligten den Zugang zum Thema „Stromsparen“ erleichtern und sie anregen soll, die aufgedeckten Potenziale umzusetzen oder weitere Maßnahmen (z. B. eine Detail-Analyse) durchzuführen.

Energiespar-Wettbewerbe

Zur Steigerung der Motivation sich mit dem Thema „Energiesparen“ auseinanderzusetzen werden u. a. Energiespar-Wettbewerbe angeboten. Die Aufgaben die im Rahmen der Wettbewerbe erfüllt werden müssen stellen an die Teilnehmer deutlich unterschiedliche Anforderungen. Z. T. ist es ausreichend Fragen zu Energiesparmaßnahmen zu beantworten und die Gewinner werden ausgelost (z. B. bei den Energiesparwochen in der Schweiz und beim Aktionsmonat „Dem Klima eine

Chance“). Bei einem Ideenwettbewerb (z. B. durchgeführt in einem Kieler Verwaltungsgebäude und bei den Energiesparwochen in NRW) sollen dagegen konkrete Maßnahmenvorschläge gemacht werden. Die „besten“ Ideen werden anschließend prämiert.

„Ideenwettbewerb in Kieler Ämtern“

Für die Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Kiel wurde ein Ideenwettbewerb für Maßnahmen zur CO_2-Minderung ausgerufen. Neben Vorschlägen zur Verminderung des Energieverbrauchs in den Verwaltungen sollten auch Ideen zur Einsparung von Treibstoff und PKW-Kilometern eingereicht werden. Zielgruppe waren alle Mitarbeiter/innen der Kieler Ämter. Die Resonanz war beachtlich. 152 Ideen wurden zusammengetragen, die besten von einer Jury ausgewählt und öffentlich prämiert. Der Ideenwettbewerb wurde von verschiedenen Promotion-Aktionen wie Artikel in Ämterzeitungen, Plakatierung, direkte Handzettelverteilung oder über die Hauspost, begleitet. Für die Wettbewerbsunterlagen wurden ein eigener Slogan („Frische Brise“) und ein Logo entwickelt.

Die Aktion ging aus dem Klimaschutzprojekt der Universität Kiel hervor. Der Gesamtpersonalrat, die Umweltverantwortlichen, das Amt für Verwaltungsreform und Organisation sowie das Presseamt wurden in Vorbereitung und Durchführung eingebunden. Die auf den ersten Platz gewählte Idee „Einrichtung einer Mobilitätszentrale“ wurde bei ihrer Umsetzung weiter extern unterstützt und ist als Pilotprojekt bereits durchgeführt wurde. So findet sich unter http://www.nordlicht.uni-kiel.de/mobi/mzservi.htm eine Service-Seite „Mobilität und Verkehr“.

Energiespar-Wettbewerbe werden selten als isolierte Programme durchgeführt. In der Regel sind sie an andere Aktionen angekoppelt und werden dort als Anreizsystem angewendet. Die Organisatoren bedienen sich dabei verschiedenster Medien: Antwortkarten die an Ort und Stelle ausgefüllt werden müssen, Kreuzworträtsel (z. B. in Kundenzeitschriften von Energieversorgern), Wettbewerb im Internet mit Rückmeldungen per e-Mail (Energystar Challange). Ein Vorteil von Wettbewerben ist die Möglichkeit, durch die Höhe des Rücklaufs eine grobe Beurteilung des Interesses der Zielgruppe vorzunehmen. So haben sich bei einem Energieversorger 1 % der Kunden an einem Kreuzworträtsel zum Thema „Energiesparen“ beteiligt was von dem Unternehmen als ein Erfolg bezeichnet wurde. Mit den sinkenden Strompreisen sinkt auch gleichzeitig einer der größten Anreize Strom zu sparen. Energiesparwettbewerbe können dazu beitragen einen Teil dieses Verlustes auszugleichen, wenn die Teilnahme direkt oder indirekt zu einer Umsetzung von Einsparpotenzialen führt.

4.6 Aktivitäten in Schulen

In den letzen Jahren sind viele Aktivitäten zum Energiesparen an Schulen entwickelt und mit großem Erfolg umgesetzt worden. Die Hilfestellungen für die Schulen bei den einzelnen Programmen sind sehr unterschiedlich. So wurden unter anderem Unterrichtsmaterialien entwickelt, Informationsveranstaltungen, z. B. für die Lehrer, durchgeführt und externe technische Berater hinzugezogen (Beispiel: NRW).

Das Energiesparpotenzial, das durch diese Programme erschlossen werden kann, ist erheblich. So wurden etwa die jährlichen Energiekosten der niedersächsischen Schulen auf 300 Mio. DM beziffert. Dies entspricht einem CO_2-Ausstoß von 1,2 Mio. t. Eine Reduzierung um 15 % führt zu einer jährlichen Einsparung von 45 Mio. DM bzw. Vermeidung von 180.000 t CO_2 (Beyer 1998).

Bei einigen Programmen erhalten die Schulen als Anreiz einen Teil der eingesparten Energiekosten zur eigenen Verfügung (sogenanntes Fifty-Fifty-Modell). Beim Wettbewerb „Die Wette“ der BUND-Jugend winkte für die Schulen die Teilnahme an einer Party.

Beispielprogramme

Die Umsetzung der Programme erfolgt in der Regel mit Einzelbausteinen, die je nach Programm unterschiedlich zusammengestellt werden. Wichtige Elemente sind hierbei: öffentliche Informationsveranstaltungen, Informationsbroschüren, „Energierundgänge“ in der Schule, Projekttage oder -wochen, Messung und Auswertung der Energieverbräuche, Schulung von Lehrern, Hausmeistern etc., Organisation des Schulbetriebes unter Energiegesichtspunkten, Durchführung von Maßnahmen mit geringen Investitionskosten, Ideenbörsen, Veröffentlichung der Ergebnisse innerhalb und außerhalb der Schule, Vernetzung der Akteure. Manchmal werden gleichzeitig zu diesen Programmen auch größere investive Maßnahmen oder Contracting-Projekte durchgeführt (z. B. in Lüneburg, vgl. Meyer 1995). Im Folgenden werden exemplarisch zwei Programme genauer beschrieben.

Programm	**Energiesparprojekt „Fifty/fifty“** (Quelle: Beyer 1998)
Initiative	Stadt Hamburg: Umweltbehörde, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung
Beteiligte	Energieversorger (Förderung); Beirat aus den beteiligten Behörden, Eltern-, Schüler- und Lehrerkammer, VDEW, Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, Bezirksamt Altona, Deutsche Gesellschaft für Umwelterziehung sowie Mitglieder der Hamburger Bürgerschaft aus allen Parteien
Zielgruppen	Schüler, Lehrer, Hausmeister

Inhalte	Vorträge, Energiesparrundgänge, Ausleihe von Messgeräten, Informationsmaterial, Auswertung der Energieverbräuche, Berechnung der Prämien, 4mal im Jahr Informationszeitung, Fortbildungen, Ideenbörse (Fifty/Fifty-Messe)
Werdegang	Auf Initiative der Stadt Hamburg wurde 1994 ein 3jähriges Pilotprojekt zur Energieeinsparung und Abfallvermeidung mit 40 Schulen gestartet, ab 1997 wurde es ein Dauerprojekt, welches von 7 Umweltberatungslehrern betreut wird. Ab 1999/2000 werden die Prämien nicht auf einzelne Energiearten bezogen, sondern in CO_2-Minderungen umgerechnet, die Kennzahlenermittlung wird vereinfacht. Da die Schulen in Zukunft die Verfügungsgewalt über die Bauunterhaltungsmittel erhalten, können sie weitere Einsparungen in Eigenregie realisieren. Zusätzlich ist eine Ausweitung auf Verwaltung, Polizei und Feuerwehr geplant (in Hannover wird dies schon umgesetzt)
Zeitrahmen	Start 1994, seit 1/97 Dauerprojekt
Verbreitung	Von 450 Schulen der Stadt Hamburg nehmen 400 an dem Programm teil (80 %), für das Jahr 1999/2000 ist eine Beteiligung von 100 % geplant. Das Hamburger „Fifty/fifty“-Modell ist sehr bekannt und ist von vielen Kommunen inzwischen kopiert worden.
Kosten/Nutzen für die Schule	50 % der eingesparten Energiekosten stehen der Schule zur freien Verfügung, die Schule muss 1mal im Jahr Zähler ablesen und Fragebögen beantworten, ein Beratungsteam mit 7 Lehrern steht als Ansprechpartner und Unterstützung zur Verfügung
Einspareffekt	im Modellversuch im Durchschnitt 10 %, 97/98 7 %, bzw. 2,4 Mio. DM oder Vermeidung von 7.000 Tonnen CO_2, Spitzenwert: 34 %, 84 Schulen haben mehr als 10 % eingespart, 10 Schulen haben mehr als 20 % eingespart, Kostenersparnis 1994–1997 mit 40 Schulen: 23,5 Mio. DM, CO_2-Reduktion 62.000 t
Beurteilung	Aus der Sicht der Initiatoren hängt der Erfolg von der langfristigen Integration der Thematik in den Unterricht ab, dies setzt politischen Willen voraus. Es fehlen noch komplette Unterrichtseinheiten, u. a. speziell für Grundschulen, da sich die Lehrer nicht für kompetent genug einschätzen.

In NRW wurde ein Pilotprojekt mit 18 Schulen (von 6.600 Schulen in 400 Kommunen) durchgeführt; fünf davon wurden intensiv betreut. Welche Schulen außerdem Einsparprojekte durchführen, ist nicht bekannt; Einzelinformationen sind aber vorhanden. Von der Energieagentur wird ein vernetzter Erfahrungsaustausch im Raum NRW angestrebt. Aus der Sicht der Energieagentur NRW ist die Anerkennung der Leistungen, die einzelne Lehrer und Schüler erbringen, sehr wichtig. Hemmnisse sind häufig mangelnde Unterstützung durch die Schulleitung und ungünstig verlaufende Agenda-21-Prozesse (z. T. ist dieser Begriff in Stadtverwaltungen sogar negativ besetzt).

Programm	**„Öfter mal Abdrehen! Klimaschutz durch Energiesparen“**
Initiative	Bezirksregierung Lüneburg (Umweltbeauftragter)
Beteiligte	Niedersächsische Energie-Agentur (Projektleitung), Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH), Energie- und Umweltzentrum am Deister (EUZ), Klimabündnis niedersächsischer Schulen e.V. (KlinSch), HASTRA AG, Überlandwerk Nord-Hannover AG (ÜNH), VDEW, Bezirksregierung Lüneburg; Evaluierung: Institut für Umweltkommunikation der Universität Lüneburg; Finanzierung: Niedersächsische Umweltstiftung und Niedersächsisches Kultusministerium
Zielgruppen	Schüler, Mitarbeiter der Verwaltung, Hausmeister, Haustechniker, Lehrkräfte
Inhalte	Öffentliche Einführungsveranstaltung, ausführliche Projektbroschüre für interessierte Schulen mit dem Maskottchen „Dreh-ab-Bär“, Bildung einer fachübergreifenden Projektgruppe (Gruppe schulinternes Energiemanagement), Unterstützung durch das „Dreh-Ab-Team“ mit fachlichen und schriftlichen Informationen, „Info-Hotline“ (Telefon), kostenlose Auswertung der gesammelten Energiedaten, Erstellung von Handlungsempfehlungen durch das „Dreh-Ab-Team“, Moderation bei der Kommunikation aller Akteure, Vermittlung von weiteren Ansprechpartnern, Info-Austausch mit anderen Schulen (Kontaktnetz), Hochschultage, (Ausbildung von „Umweltberatungslehrkräften“), Abschlussfeier, Umsetzung von Contracting-Projekten
Werdegang	Vorgänger: Stadt Hannover mit EUZ, Nachfolgeprojekt ist „NESSI“ mit 27 Mio. DM Etat, Übertragung in andere Regierungsbezirke (Hannover, Braunschweig, Weser-Ems) ist geplant
Zeitrahmen	2/1996 – 5/1997
Verbreitung	Im Regierungsbezirk Lüneburg gibt es 750 Schulen, an dem Pilotprojekt nahmen 30 Schulen teil, die Schulen lagen räumlich weit auseinander. Die Erweiterung auf 300 Schulen ist geplant.
Kosten/Nutzen für die Schule	Bonussystem: die Verwendung der eingesparten Kosten muss mit den einzelnen Schulträgern ausgehandelt werden, z. B. 30 % zur freien Verfügung der Schule, 40 % zweckgebundene Verwendung durch die Schule, 30 % für den Schulträger Kostenpflichtige Seminare von EUZ, KlinSch
Einspareffekt	Erwartung: 15 % (zuzüglich 30 % durch investive Maßnahmen)
Beurteilung/ Probleme	Der Personalaufwand wurde unterschätzt, da Informationsmaterial spezielle Fragestellungen nicht ausreichend behandelte, Hausmeister wurden nicht ausreichend integriert oder zu spät angesprochen, ungenaue Aufgabenverteilung, mangelhafte interne Kommunikation, schwierige Motivation der Verwaltungs- und Schulträgermitarbeiter, sich an dem Projekt aktiv zu beteiligen, Schwierigkeiten bei der Erfassung der Zählerstände und damit bei der Auswertung, da teilweise unklar war, wer die Daten erfasst, zu umfangreiche Informationsmaterialien wirken hemmend. Einige bereits geplante Projekte wurden in „Dreh-ab“ integriert (Mitnahmeeffekt), manche Akteure befürchteten, dass die Energieeinsparungen zu Mittelkürzungen führen (Budgetierung)

Zu diesem Projekt gibt es eine ausführliche Evaluation, die folgende Empfehlungen gibt:

- Bei einem Projekt dieser Größe sollten ein bis zwei Personen ausschließlich die Projektleitung und -koordination übernehmen, ohne auch noch für andere Aufgaben zuständig zu sein.
- Die Schüler müssen in Projekten Eigenverantwortung übernehmen, damit sie sich damit identifizieren.
- Frühzeitig sollten Gespräche mit den Schule, mit Schulträgern, Verwaltung und ggf. Energieversorgern geführt werden, um deren Interessenslagen und Handlungsmotivation zu ermitteln.
- Hemmnisse in der Verwaltung können durch die Einbeziehung lokalpolitischer Gremien abgebaut werden.
- Informationsmaterialien sollten stärker zielgruppenspezifisch gestaltet sein.
- Die Betreuung vor Ort sollte in mehreren Phasen mit zyklisch wechselnder Betreuungsintensität erfolgen. Dadurch sollen die Schulen eigenständige Prozesse entwickeln und nicht an ein starres Lösungskonzept gebunden werden.
- Die Beratung der Energie-Projektgruppen sollte zur Ziel- und Maßnahmenplanung initiieren und realitätsbezogene Erwartungen bezüglich des Projekterfolges vermitteln.
- Wichtig ist der Aufbau eines Kontaktnetzes mittels einer Zeitung und Fortbildungsveranstaltungen
- In machen Fällen ist eine Konfliktmoderation mit Unterstützung durch Externe sinnvoll, z. B. Verwaltung, Schulträger, Energieversorger oder unabhängige Moderatoren.

Die Evaluatoren ziehen das Fazit, dass wenn zukünftig keine derartig intensive Betreuung realisiert werden kann, mit einem „zähen“ Projektverlauf zu rechnen ist, der – insbesondere in Verbindung mit einer unsystematischen Vorgehensweise an den Schulen – langfristig „die allgemeine Bereitschaft zum Energiesparen eher noch vermindern“ dürfte.

Programm	**„Die Wette“**
Initiative	BUND-Jugend
Beteiligte	Wettbüro: BUND-Jugend, 4 Jugendliche im Rahmen des FÖJ; Kampagnenteam: 30 Jugendliche zwischen 15-26 Jahre; ehrenamtliche regionale Schulbetreuer als Ansprechpartner; Berechnungsgrundlagen: Forschungsinstitut für Umweltfragen; Finanzierung: Spenden, Bezirk Berlin-Steglitz; Lehrerfortbildung: Friedrich-Ebert-Stiftung; Schultour: Heinrich-Böll-Stiftung; Wettezeitung: Zusammenarbeit mit der taz; Schiedsrichter: Prof. Troge, Präsident Umweltbundesamt; Wettpaten: Die Band „Die Ärzte“
Zielgruppen	primär Schüler, aber auch Lehrer, Eltern, Hausmeister
Inhalte	„Wetten, dass wir 10 % des CO_2-Ausstoßes an 100 Schulen, insgesamt mindestens 10.000 t vermeiden und so in 7 Monaten das Klimaschutzziel der Bundesregierung für die nächsten 7 Jahre erreichen“ Informationsmaterialien, Wettzeitung, Veranstaltungen, regionale Wette-Treffen, Schultour, CO_2-Reduktions-Schecks (Licht aus, Reduzierung von Alu-Dosen, Einsatz von Umweltschutzpapier, Stoßlüften, Reduzierung der Raumtemperatur, Verkehrsvermeidung, Stand-by-Vermeidung, Wassersparen), großes Abschlussfest
Werdegang	Die Wette wurde mit Bundeskanzler Schröder im Oktober 1998 abgeschlossen und im September 1999 erfolgreich beendet: Das Umweltbundesamt bewertete 20 Schulen und rechnete den Einsparerfolg auf die 192 Schulen hoch, durch die Energiespar-Schecks konnte auch ein Teil der Einsparungen in Privathaushalten umgesetzt werden. Für den Winter 2000/2001 ist die Wette („The bet“) mit der Europäischen Union geplant; Schulen aus 25 Ländern werden daran teilnehmen und in 8 Monaten versuchen, eine Einsparung von 8 % zu erreichen. Zur Unterstützung werden neben den nationalen Teams mehrere Arbeitsgruppen gebildet (Verbreitung/Akquisition, Finanzierung, PR, Design, Weiterbildung, Forschung und Entwicklung, Struktur).
Zeitrahmen	8/1998 – 4/1999
Verbreitung	bundesweit 192 Schulen und über .1000 Einzelsparer
Kosten/Nutzen für die Schule	Teilnahme an einem Fest (September 1999)
Einspareffekt	ca. 10 %, Vermeidung von 13 Mio. kg CO_2
Beurteilung/ Probleme	Aus der Sicht der Initiatoren besteht ein Motivationsproblem, wenn die Aktion nicht von Lehrern unterstützt wird. Die Aktion wurde von der Presse extrem positiv aufgenommen; so veröffentlichte die Süddeutsche Zeitung auf Eigeninitiative eine Anzeige: Das Ziel, dauerhafte Jugendgruppen zu bilden, wurde nicht erreicht, die Schüler sind mehr an Einzelprojekten interessiert. Eine europaweite Aktion wie „The bet“ ist bisher einmalig.

Die Energieeinsparungen bei dieser Wette werden in vermiedene kg CO_2 umgerechnet. Es werden viele Schätzwerte verwendet (z. B. „Licht aus in der Pause“ reduziert 25 kg CO_2/Klassenraum, eine Energiesparlampe 45 kg/Lampe und Thermostatventile 320.000 kg CO_2/Schule). Dabei werden auch Maßnahmen einbezogen, die schon früher realisiert wurden oder solche, die auch ohne die Wette umgesetzt worden wären. Eine detaillierte Auswertung wurde aber für 20 Schulen durchgeführt und die Ergebnisse wurden auf die beteiligten Schulen hochgerechnet.

Es ist überlegenswert, wie genau die tatsächlichen Energieeinsparungen erfasst und ausgewertet werden sollten. Der Erfolg einer Aktion hängt aber nicht in erster Linie von der Genauigkeit der Ergebnisse ab, obwohl eine Erfolgskontrolle für die Motivation der Beteiligten unabdingbar ist. Umfangreiche Auswertungen verteuern oftmals Projekte oder erschweren die Erweiterung auf eine große Anzahl von Schulen. Dies wird durch die Erfahrungen mit dem „Fifty/fifty-Modell“ bestätigt. Schwierig ist es auch in Städten mit dezentraler Schulverwaltung; hier müssen viele Einzelakteure und Einrichtungen beteiligt werden.

Akteure

Ganz entscheidend für den Erfolg von Schulprogrammen ist die Einbindung der richtigen Akteure. Vor Ort ist die Einbeziehung des Hausmeisters sehr wichtig. Zudem muss das Projekt von der Schulleitung unterstützt werden. Gute Erfahrungen wurden in einzelnen Fällen durch die Beteiligung der lokalen Wirtschaft durch Sponsoring gemacht.

Schwierigkeiten gibt es häufig bei der gegenseitigen Information. Diese kann durch die klare Benennung von Zuständigkeiten und Ansprechpartnern verbessert werden. Aber auch die Kommunikation nach außen ist wichtig; deshalb ist die Veröffentlichung der Ergebnisse innerhalb und außerhalb der Schule ein nicht zu unterschätzender Faktor. Netzwerke mit regionalen und überregionalen Akteuren geben den Beteiligten vor Ort die nötige Unterstützung und Rückendeckung. Dabei ist die Wertschätzung der durchgeführten Maßnahmen der entscheidende Motivationsmotor. Ein Problem sind manchmal überzogene Erwartungshaltungen einiger Akteure, was den Projekterfolg oder die Verbreitung an der Schule betrifft.

Oft werden die Widerstände innerhalb der Schule unterschätzt. Die aktiven Schüler und Lehrer bauen einen Wissensvorsprung auf. Dadurch kann es auf beiden Seiten zu Unverständnis für die Standpunkte der jeweiligen anderen Gruppe kommen. Durch eine gute Kommunikation und Informationsverbreitung innerhalb der Schule kann dies verbessert werden. Aber auch die Integration der Thematiken in den normalen Unterricht ist ein ganz entscheidender Faktor. Es hat sich allerdings auch gezeigt, dass Widerstände oder mangelnde Kooperationsbereitschaft seitens der Verwaltung, des Schulträgers oder auch von den Energieversorgern ein nicht zu unterschätzendes Hemmnis darstellen.

Unterrichtsmaterialien

Für das Energiesparen in Schulen gibt es mittlerweile eine beachtliche Zahl von Veröffentlichungen. Einige befassen sich konkret mit der Beschreibung eines bestimmten Schulprojektes. Dabei werden die Einsparerfolge dokumentiert, aber manchmal auch Hinweise auf Hemmnisse und Probleme gegeben.

Der überwiegende Teil der allgemein gehaltenen schriftlichen Informationen enthält Checklisten, Kopiervorlagen und Beispielrechnungen. Selten findet man allerdings eine Unterteilung nach einzelnen Jahrgangsstufen. Das Material reicht zudem häufig nicht für die Gestaltung kompletter Unterrichtseinheiten aus, sondern führt lediglich Lehrer an das Thema heran. Erhalten die Lehrkräfte keine weitere Unterstützung, müssen Sie noch erheblichen Arbeitsaufwand in ein konkretes Projekt an ihrer Schule stecken. Es ist sicher kein Zufall, dass der Erfolg vieler Projekte im Wesentlichen auf das Engagement einiger weniger Lehrer zurückzuführen ist. Derzeitig werden den Lehrern wenig Freistunden für solche Projekte zur Verfügung gestellt. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, ist der Einsatz entsprechend geschulter Lehrer an mehreren Schulen gleichzeitig (z. B. praktiziert in Hamburg).

Mittlerweile gibt es einige Materialien, die sich direkt im Unterricht verwenden lassen (z. B. „Energieeinsparung in Schulen in NRW“ 1999, über das Joule-Thermie Programm gefördert), auch zusätzlich auf CD-ROM, was den Ausdruck von Folien zur Verwendung im Unterricht ermöglicht. Mangel herrscht noch an geeigneten Unterrichtsmaterialien für Grundschulen. Hier verfügen die Lehrer meist auch über wenig Wissen zum Thema. Außerdem fehlen fächerübergreifende Unterrichtseinheiten, wobei sich das Thema Energiesparen/Klimaschutz sowohl für natur-, sozial- und geisteswissenschaftlichen Fächer als auch Bildende Kunst anbietet. Als Informationsquelle für Schulleiter und Mitarbeiter in öffentlichen Verwaltungen und Kommunalpolitiker eignet sich das Buch „Energiesparen in der Schule – Eine Wegbeschreibung“ des Öko-Instituts, das eine detaillierte Beschreibung über die verschiedenen Formen enthält, in denen sich Energiesparmaßnahmen an Schulen umsetzen lassen. Es behandelt sowohl Schüleraktionen und Energiegutachten als auch Mischformen aus beiden.

Verbreitung

Bei den Programmen für Schulen fällt auf, dass viele von kleinen lokalen Vereinen initiiert und unterstützt werden. Durch den engen örtlichen Bezug werden in der Regel Besonderheiten vor Ort berücksichtigt. Lokal begrenzte Programme werden außerhalb der Kommune selten oder gar nicht weiterverbreitet. Einige Programme werden aber – auch aus kommunal- oder landespolitischen Interessen – öffentlich vermarktet. Statistische Zahlen über Energiesparprojekte an Schulen in Deutschland liegen nicht vor.

Hemmnisse und Probleme

Das „Fifty-fifty“-Modell enthält eine starke Focussierung auf Geld. Dies hat sicherlich zur Popularität dieses Modells beigetragen. Allerdings sind dabei die pädagogischen Aufgaben etwas in den Hintergrund gedrängt worden. Durch die stadtinterne Diskussion um die Aufteilung und Verwendung der eingesparten Gelder sind viele solcher Programme in anderen Städten verzögert, wenn nicht sogar verhindert worden. Aus der sozialpsychologischen Forschung gibt es auch Hinweise, dass eine finanzielle Belohnung die langfristige Verhaltensänderung erschwert. Werden die Einsparziele nicht erreicht oder sind die Hemmnisse für die Umsetzung zu groß, kann es zu Demotivation und Desinteresse bis zur Abneigung gegenüber energiesparendem Verhalten kommen.

Die Hausmeister sind wichtige Akteure bei Energiesparprojekten. Ihre Motivation hängt entscheidend davon ab, ob sie die Möglichkeit zur Weiterbildung haben und ihre Arbeit durch Freistellungsstunden erleichtert wird. Dadurch erlangt der Hausmeister einen „Wissensvorsprung“ vor den Schülern, was sicherlich erheblich zum Gelingen von Schulaktionen beiträgt.

Wichtig ist die Wertschätzung, welche die Aktiven von außen erhalten. Dies betrifft zum einen die Schulleitung, aber auch den Schulträger, die Stadtverwaltung, die Energieversorger, Politiker etc. Diese Akteure bilden bei mangelnder Koopertionsbereitschaft ein großes Hemmnis für solche Projekte.

Fehlende Ziel- und Zeitvorgaben erschweren den Akteuren die Auswahl geeigneter lokaler Aktionen. Diese können z. B. in Form einer Selbstverpflichtung dokumentiert werden. Externe Berater erleichtern durch individuelle Anregungen den Start in das Projekt.

Oft führt der schlechte bauliche Zustand der Schule dazu, dass Verhaltensmaßnahmen nicht umgesetzt werden können, z. B. wenn Thermostatventile fehlen. Oder es kommt zur Demotivation, da Lehrer und Schüler ihr Einsparpotenzial im Vergleich zur Verschwendung durch z. B. undichte Fenster als verschwindend gering einschätzen. In diesem Fall muss die zuständige Stelle für die Bauunterhaltung in der städtischen Verwaltung in das Projekt integriert werden. Statt gegenseitiger Schuldzuweisungen sollte für Verständnis für die Probleme beider Seiten geworben werden. Durch die Vergabe von Sanierungsmaßnahmen an externe Contractoren kann es bei Verträgen mit einer Abhängigkeit von tatsächlichen Verbräuchen zu Konflikten mit Einsparmaßnahmen der Nutzer kommen.

Für die Einbeziehung von Berufsschulen konnten bisher nur wenige Hinweise gefunden werden. Durch den Einsatz von Maschinen sind hier einige weitere interessante Maßnahmen denkbar. Vorzugsweise sollten solche Programme gleich in die

Ausbildung integriert werden. Gerade hier besteht die Möglichkeit entsprechendes Grundwissen für die Betriebe zugänglich zu machen (vgl. Kap. 4.3).

Die Stadt Hamburg plant, das „Fifty/fifty"-Modell auf Verwaltungen, Feuerwehr und Polizei auszuweiten. Auch auf dem im UBA durchgeführten Workshop im November 1999 über Projektergebnisse und Umsetzungsmöglichkeiten erschien den Teilnehmern das Modell auf Verwaltungen übertragbar (siehe Abschnitt 4.9).

4.7 Energie/Umwelt-Modelle

Die Kooperation von Unternehmen bei der Diskussion und Umsetzung von Energiesparmaßnahmen bietet allen Beteiligten vom Know-how und den Erfahrungen des anderen zu profitieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass es sich in der Regel um organisierte Programme handelt die den beteiligten Unternehmen nicht nur die Koordination anbieten, sondern auch für qualifizierte Information, Beratung und z. T. auch Ausbildung sorgen. Zwei der vorgestellten Modelle („Energie-Modell Schweiz" und „ÖKOPROFIT") sind aus staatlichen bzw. kommunalen Projekten heraus entstanden, das „Modell Hohenlohe" dagegen aus einer gemeinsamen Bürger- und Firmeninitiative.

Die beschriebenen Modelle haben keinen expliziten Schwerpunkt im Bereich „Energiesparendes Verhalten". Diese Maßnahmen fließen im Rahmen der Verbesserungsvorschläge insgesamt mit ein, vor allem wenn vom Modellkonzept her die nicht oder nur gering investiven Maßnahmen vorrangig betrachtet werden.

„Energie-Modell Schweiz"

Seit über 10 Jahren haben Schweizer Unternehmen die Möglichkeit sich gemeinsam mit anderen Firmen bei der Steigerung ihrer Energieeffizienz unterstützen zu lassen. Das Managementmodell, vom Schweizerischen Energiekonsumenten-Verband von Industrie und Wirtschaft (EKV) und vom Energie 2000 Ressort entwickelt, wird den Entscheidungsträgern und Entscheidungsträgerinnen auf der obersten Führungsebene engagierter Unternehmen als Dienstleistung angeboten. Gemeinsam werden Gruppenziele (z. B. einzelne Branchen) festgesetzt, für deren Erreichung jedes Unternehmen selbst individuelle Aktionsprogramme, Prioritätenlisten, Termin- und Maßnahmenpläne entwickelt und die Umsetzung realisiert. Im Vordergrund stehen Know-how-Transfer und nicht oder nur gering investive Maßnahmen, die ohne größere Störung des Betriebsablaufs durchgeführt werden können. Professionelle Moderatoren führen die Unternehmergruppen werden und kümmern sich um die periodische Auswertung des Fortschritts bei der Umsetzung des Gruppenziels.

Zu Beginn des Jahres 1999 wurde das Energie-Modell Schweiz in 15 Gruppen in der ganzen Schweiz umgesetzt. In diesen Gruppen engagierten sich zu diesem Zeitpunkt 130 Unternehmen. Praxisbeispiele und weitere Angaben zu Aktivitäten sind unter anderem im Internet unter „http://www.e2000.ch/Industrie-d/Default.htm“ zu finden.

„ÖKOPROFIT“

Hinter dem Modell ÖKOPROFIT (ÖKOlogisches PROjekt Für Integrierte UmweltTechnik) der Stadt Graz steckt das Ziel, Unternehmen beim Einsatz innovativer Techniken zur Verbesserung der Umweltsituation im Betrieb, und damit auch in der Region, zu unterstützen. Hierbei wird auf enge Kooperation zwischen der lokalen Verwaltung und den beteiligten Unternehmen gesetzt, um beide Seiten von den Aktivitäten des anderen profitieren zu lassen (Abbildung 4.7-1).

Abbildung 4.7-1: Der Win-Win-Effekt bei ÖKOPROFIT

Quelle: Ökoprofit 1999

Zum Programm von ÖKOPROFIT gehören 10 ganztägige Workshops, auf denen Fachleute ausgewählten Mitarbeitern mehrerer Betriebe die wichtigsten Aspekte der relevanten Umweltthemen vermitteln. Zusätzlich erfolgt eine genaue Analyse der einzelnen Unternehmen auf Verbesserungs- und besonders Einsparpotenziale hin. Unternehmen, die das Programm absolviert haben, werden mit dem „Award ÖKOPROFIT Company of Graz“ ausgezeichnet.

Energie ist beim Modell ÖKOPROFIT nur ein Aspekt unter vielen und setzt auch nicht speziell bei Verhaltensmaßnahmen an. Durch das Projekt werden aber in den

Betrieben Mitarbeiter ausgebildet, die für Energiefragen sensibilisiert sind und damit über den Programmzeitraum hinaus für eine Umsetzung sorgen können.

ÖKOPROFIT wurde 1991 von der Stadt Graz ins Leben gerufen. In Österreich haben inzwischen mehr als 170 Firmen (Stand Januar 2000) an den Programmen von ÖKOPROFIT teilgenommen und jährlich kommen ca. 20 neue Unternehmen hinzu. Außerdem lassen sich ausländische Unternehmen, die mit Hilfe von speziell ausgebildeten Trainern in ihrem Land die Programme in Anspruch nehmen konnten, noch hinzuzählen Die Ausbildung der Trainer wird von der ÖKOPROFIT Akademie in Graz vorgenommen.

Informationen zu ÖKOPROFIT finden sich unter der Internetadresse http://www.cpc.at oder bei der Stadt Graz (zuständig ist das Grazer Umweltamt, Referat für betriebliche Umweltvorsorge).

„Modell Hohenlohe“

Ursprünglich aus einer Bürgerinitiative gegen die Errichtung einer Entsorgungseinrichtung für Sonderabfallmengen entstanden (1991), widmet sich das „Modell Hohenlohe – Fördergemeinschaft betrieblicher Umweltschutz“ seit 1995 den Umweltschutzmaßnahmen von Betrieben und kooperiert mit Initiativen, Behörden, Kammern, Schulen und Hochschulen. Das Unternehmensnetzwerk ist als Verein gegründet, dessen Basis 12 Arbeitsgruppen sind, die jeweils eine Branche betreuen. Innerhalb der Gruppen werden die für die Gruppe jeweils wichtigsten umweltrelevanten Probleme, darunter auch Energiefragen, diskutiert. Gibt es branchenübergreifende Themen zu diskutieren werden auch sachspezifische Arbeitsgruppen zusammengestellt. Teilnehmer der Arbeitsgruppen sind die Mitglieder des Vereins: überwiegend Unternehmen, z. T. aber auch Verbände oder Einzelpersonen. 1999 zählte das Modell Hohenlohe über 270 Mitglieder. Die Mitglieder kommen überwiegend aus der Region. Es wird derzeit überlegt, die Aktivitäten bundesweit auszudehnen, z. B. durch den Aufbau neuer Unternehmensgruppen an einem anderen Standort. Der regionale Bezug der Arbeitsgruppen soll aber immer bestehen bleiben.

Neben der Organisation der Arbeitsgruppen leistet der Verein auch Öffentlichkeitsarbeit um erarbeitete Lösungen weiter zu verbreiten und um auf Kooperationsangebote, z. B. die Vergabe von Diplomarbeiten oder Forschungsaufgaben hinzuweisen. Das Modell Hohenlohe legt damit sehr viel Wert auf Know-how-Transfer, sowohl intern als auch nach außen. (Informationen: Modell Hohenlohe – Fördergemeinschaft betrieblicher Umweltschutz e.V., Mörikestraße 2, 74638 Waldenburg, Tel. 07942 – 3857, Fax 07942 – 3846).

4.8 Schlussfolgerungen aus den Verhaltenspotenzialen für Programme und Instrumente

Sowohl durch Verhaltensmaßnahmen als auch durch effizienzsteigernde technische Maßnahmen und Entwicklungen lassen sich nicht zu vernachlässigende Mengen von CO_2 –Emissionen im Kleinverbrauch vermeiden; dies haben die Potenzialabschätzungen in Kapitel 3 eindeutig gezeigt. Ziel ist, diese Potenziale weitestgehend auszuschöpfen. Um aber abzuwägen, in welche Richtung in Zukunft Programme und Instrumente zur forcierten Erschließung dieser Potenziale gehen müssen, ist die Relevanz der Verhaltensmaßnahmen im Vergleich zu den Möglichkeiten durch eine forcierte technische Entwicklung zu betrachten. Dazu werden vor allem die Ergebnisse aus den „Spar-Szenarien“ (vgl. Kapitel 3.2 und 3.3) herangezogen, die die Auswirkungen einer forcierten Durchdringung von energieeffizienten Geräten wiedergeben. Für den Bereich Raumwärme können nur allgemeine Annahmen zur Beurteilung herangezogen werden, da die Methode der Spar-Szenarien hier nicht angewandt wurde. Tabelle 4.8-1 zeigt für einzelne Maßnahmenbereiche, welche Ausrichtung Programmkonzepte haben sollten, um möglichst effektiv zu wirken. Die Empfehlung wird im Anschluss an die Tabelle für jeden Maßnahmenbereich erläutert.

Tabelle 4.8-1: Empfehlung zur Programmausrichtung

(! = nur bedingt empfehlenswert, !! = empfehlenswert,
!!! = besonders empfehlenswert)

Maßnahmenbereiche		**klimagerechtes Verhalten forcieren**	**technische Entwicklung forcieren**
Raumwärme		!	! ! !
Strom	Bürogeräte	!	! ! !
	Beleuchtung	! !	! !
	Klimatisierung und Lüftung	! ! !	!
Warmwasser		! ! !	!
Branchenspezifische Maßnahmen		! ! !	!

Raumwärme

Im Gegensatz zum Haushaltssektor hat sich das für Raumwärme ermittelte erschließbare Potenzial durch Verhaltensmaßnahmen beim Kleinverbrauch sowohl absolut als auch relativ nicht als sehr hoch erwiesen (Kap.3.1-5). Programme zur Erschließung dieses Potenzials sollten sich auf die Sensibilisierung bzw. Schulung von technischem Personal konzentrieren, da der größte Teil der empfohlenen Maßnahmen (Tab. 2.1-1) nur von diesen durchgeführt werden können. Ein deutlich größerer Effekt wird auch im Kleinverbrauch durch den Austausch von veralteten Heizungsanlagen oder Steuertechniken erwartet. Die Durchdringung von effizienten Geräten sollte forciert werden.

Bürogeräte

Mittel- und langfristig gesehen wird die technische Entwicklung bei Bürogeräten die Relevanz der Verhaltensmaßnahmen drastisch sinken lassen. Sowohl im Normalbetrieb als auch im Standby-Betrieb bestehen noch technische Möglichkeiten, die Verbräuche der Geräte zu senken. Diese Entwicklung zu forcieren, ist unbedingt empfehlenswert. Ansätze zur Einführung von Standards und ordnungsrechtlichen Maßnahmen laufen bereits. Das aktuelle Potenzial durch Verhaltensmaßnahmen ist allerdings relativ hoch. Wenn heute Programme zum klimagerechten Verhalten bei der Nutzung von Bürogeräten konzipiert werden, ist darauf zu achten, dass sie sofort wirksam sein müssen, die Laufzeit dagegen eher kurz angesetzt sein sollte.

Beleuchtung

Das Potenzial durch Verhaltensmaßnahmen ist bei der Beleuchtung sowohl absolut gesehen als auch im Vergleich zum gesamten Energieverbrauch für Beleuchtung im Kleinverbrauch sehr hoch (vgl. Kapitel 3.2.3.1). Die Relevanz dieser Maßnahmen nimmt zwar mit der Zeit ab, sollte aber aufgrund ihres hohen absoluten Wertes weiterhin Beachtung finden. Dass die Relevanz von Verhaltensmaßnahmen rückläufig ist, liegt daran, dass auch durch die technische Entwicklung zukünftig noch weitere Einsparerfolge erzielt werden können. Im Bereich Beleuchtung empfiehlt sich die Strategie, Programme in Richtung Verhalten und in Richtung technische Entwicklung parallel zu forcieren.

Klimatisierung und Lüftung

Im Bereich Klimatisierung und kontrollierter Lüftung sollte ganz massiv auf die Erschließung von Einsparpotenzialen durch Verhalten gesetzt werden. Dieser Maßnahmenbereich ist der einzige, der ein zukünftig steigendes Potenzial aufzeigt, und dies selbst bei einer angenommenen forcierten Durchdringung mit effizienteren Geräten (Spar-Szenario). Auch die absolute CO_2-Minderung ist für den gesamten

Kleinverbrauch von Bedeutung; das maximale Potenzial liegt in Zukunft deutlich über 1 Mio. Tonnen CO_2 . Bei der Konzeption von Programmen zur Forcierung des technischen Fortschritts sollte besonders berücksichtigt werden, dass eine vereinfachte Steuerung von Klima- und Lüftungsanlagen die effiziente Nutzung der Geräte deutlich erleichtern würde. Hier sind die größten Hemmnisse zu überwinden.

Warmwasser

Das Potenzial durch Verhaltensmaßnahmen ist beachtlich hoch (Kapitel 3.3.4) und nimmt auch bis 2005 und 2020 kaum ab. Auch in den Spar-Szenarien liegen die Potenziale kaum niedriger. Daraus wird gefolgert, dass sich Programme zur Reduzierung der warmwasserbedingten CO_2-Emissionen unbedingt auf Verhaltensmaßnahmen ausgerichtet sein sollten. In erster Linie sollten Hausmeister und technisches Personal Zielgruppe von Programmen sein, da es sich bei den empfohlenen Maßnahmen überwiegend um einfache technische Möglichkeiten handelt. Das bewusste Nutzerverhalten macht dagegen nur einen geringen Anteil aus und sollte sich eher auf den allgemein sparsamen Umgang mit Wasser konzentrieren. Wie im Bereich Raumwärme sollte auch im Bereich Warmwasser der Austausch veralteter Anlagen zur Warmwassererzeugung forciert werden.

Branchenspezifische Maßnahmen

Die Untersuchung der zwei großen Sektoren „Lebensmittel-Einzelhandel" und „Hotels und Gaststätten" hat gezeigt, dass das Einsparpotenzial durch branchenspezifische Verhaltensmaßnahmen über dem der allgemeinen Verhaltensmaßnahmen liegt. Bei Hotels z. B. entfallen zwei Drittel des Einsparpotenzials auf branchenspezifische Maßnahmen. Des weiteren zeigen die Spar-Szenarien, dass die forcierte Durchdringung von energiesparenden Techniken die Relevanz der Verhaltensmaßnahmen nur minimal mindern kann. Lassen sich bei einer Branche derartige spezifische Maßnahmen identifizieren, sollte der Erschließung dieser Potenziale Vorrang gegeben werden vor dem allgemeinen Verhaltenspotenzial. Entsprechend müssen Programme und Instrumente branchenspezifisch ausgerichtet sein. Ein weiterer Vorteil ist, dass eine branchenspezifische Ansprache erfahrungsgemäß auch die Akzeptanz der Programme oder Instrumente erhöht.

4.9 Handlungsempfehlungen von Fachleuten bei der Konzeption von Programmen und Instrumenten

In einem Workshop mit Vertretern von Ministerien, des UBA und Fachverbänden, Wissenschaftlern und Multiplikatoren im November 1999 wurden die Projektergebnisse vorgestellt. Das Schwergewicht der Veranstaltung lag auf dem Handlungsbe-

darf und konkreten Handlungsempfehlungen, um die identifizierten Möglichkeiten zur Energieeinsparung durch Verhalten in Haushalten, Betrieben und öffentlichen Einrichtungen stärker als bisher auszuschöpfen. Hierbei kristallisierten sich einige Aspekte heraus, die den Anwesenden im Hinblick auf Programme, Instrumente und Aktivitäten im Sektor Kleinverbrauch wichtig erschienen.

Die Teilnehmer bestätigten die Notwendigkeit, stärker auf Verhaltensänderungen hinzuwirken, um Energiesparpotenziale auszuschöpfen. Als zentrales Problem bezeichneten sie die **Motivierung der Entscheidungsträger** in Betrieben und Verwaltungen. Dabei sahen sie jedoch wenig Unterschied zwischen verhaltensorientierten und investiven Maßnahmen: Betriebsleiter, die auf energiesparendes Verhalten achten, seien auch eher als andere zu Investitionen in Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz bereit und umgekehrt. Speziell für Verhaltensmaßnahmen gelte, dass einige gravierende Vorurteile beseitigt werden müssten, so z. B. Befürchtungen, dass die Gerätehaltbarkeit unter häufigem Ein- und Ausschalten leidet oder der Komfort eingeschränkt wird. Es sei zu berücksichtigen, dass zum Teil Lebensqualitätsmerkmale betroffen sind, etwa bei der Raumtemperatur und deshalb in der Argumentation sehr sensibel vorgegangen werden müsse.

Intensiv wurden verstärkte Aktivitäten und Argumente zur Motivierung diskutiert. Viele Betriebe glauben, alle Einsparpotenziale schon ausgeschöpft zu haben. Das macht die Motivierung zu weiteren Maßnahmen schwierig. Hier ist Aufklärungsarbeit erforderlich. **Benchmarking mit Energiekennzahlen** wird als Orientierungshilfe für wichtig gehalten. Dies sollte in erster Linie von den Verbänden organisiert werden. Einige Teilnehmer schilderten positive Erfahrungen mit Benchmarking-Aktivitäten in einzelnen Branchen. Auch innerhalb von Betrieben ist Benchmarking möglich, z. B. zwischen verschiedenen Abteilungen. In manchen Branchen, z. B. im Einzelhandel, besteht das Problem, dass die einzelnen Betriebe als Filialen wenig Entscheidungsspielraum haben. Auch hier könnte die Idee des Benchmarking realisiert werden, und zwar als Vergleich zwischen den Filialen oder in homogenen Untergruppen. Das Öko-Audit, bei dem Energie wenig Bedeutung hat, könnte man ebenfalls als Anknüpfungspunkt nutzen.

Der Einfluss der Liberalisierung des Strommarkts und der gesunkenen Strompreise wurde unterschiedlich eingeschätzt. Zwar sinken einerseits die Wirtschaftlichkeit energiesparender Investitionen und der Kostenspareffekt von Verhaltensmaßnahmen, andererseits bringt die Liberalisierung auch eine Chance mit sich: Sie führt zur Beachtung der Stromrechnung und fördert mittelfristig den Qualitäts- und Servicewettbewerb der Energieversorger. Aber nicht nur Kosteneinsparungen sind als Anreiz zu sehen. Für viele Betriebe spielt das „umweltfreundliche“ Image eine Rolle. Energieeffizienz sollte man mit positiv besetzten Eigenschaften verknüpfen, in der technischen Entwicklung z. B. hohe Qualität und Leistungsfähigkeit der Anlagen oder ergonomisch bessere Arbeitsplätze, bei Verhaltensmaßnahmen z. B.

organisatorische Verbesserungen oder positive Beeinflussung der Gesamteffizienz im Betrieb.

Als relativ neue Erkenntnis wurde darauf hingewiesen, dass auch das „Wir-Gefühl“ eine Rolle spielt, z. B. im Rahmen lokaler oder regionaler Klimaschutzprogramme. In diesem Zusammenhang wird die Bedeutung der **„Energiemodelle“** gesehen.

Neben der Motivierung der Entscheidungsträger wurden auch Instrumente zur Motivierung der Mitarbeiter erörtert. Ein grundsätzliches Hemmnis ist, dass die Mitarbeiter in aller Regel nicht an den Vorteilen der Energiekosteneinsparung partizipieren, sondern eher die – teils nur befürchteten – Nachteile haben. Zur Motivation könnten **Wettbewerbe** eingesetzt werden, z. B. ein Ideenwettbewerb, an dem sich alle Mitarbeiter beteiligen können, oder ein Wettbewerb zwischen einzelnen Abteilungen oder einzelnen Etagen in Verwaltungen. Manche Betriebe setzen Energiespar- und Umweltthemen als „Spielmaterial“ ein, um ihre Mitarbeiter zu kreativen Ideen auch in anderen Bereichen anzuspornen. Erwähnt wurde auch das Beispiel von zwei Betrieben, die sich gegenseitig „beobachten“ im Hinblick auf die Entwicklung ihrer Energiesparaktivitäten, in welche auch die Mitarbeiter maßgeblich eingebunden sind. Generell sind Rückmeldungen als Motivation zur Fortsetzung der Energiesparaktivität wichtig.

Ausführlich wurde diskutiert, ob sich die sehr positiven Erfahrungen vieler Schulen mit dem **„Fifty-fifty“-Modell** auf Verwaltungen übertragen lassen. Bei der Bundeswehr wurde dies schon für einige Standorte realisiert, in anderen Fällen öffentlicher Verwaltungen aber aus haushaltsrechtlichen Gründen abgelehnt. In privaten Verwaltungen oder Betrieben war den Teilnehmern bisher keine derartige Aktivität bekannt. Man könnte die eingesparten Energiekosten Abteilungen oder Mitarbeitergruppen zuordnen und sie partizipieren lassen. Es wäre zu prüfen, ob die Definition von Zuständigkeiten und die Motivierung von Mitarbeitern schwieriger sind als in der Schule. Je nach den gegebenen Messmöglichkeiten könnte aber auch die Zuordnung von Einsparerfolgen schwierig sein. Man müsste dies am konkreten Beispiel ausprobieren.

Die Teilnehmer waren sich darüber einig, dass die Zielgruppen in geeigneter Weise über Einsparmöglichkeiten durch Verhalten, die in der Untersuchung identifiziert wurden, informiert werden müssen. Einen eigenen Leitfaden zum Verhalten zu erstellen, wurde nicht empfohlen. Dazu sei dieses Thema zu eng; außerdem müsse bei **Informationsaktivitäten** eine Segmentierung nach Zielgruppen erfolgen, das heißt für einzelne Branchen über Querschnittsmaßnahmen und branchenspezifische Möglichkeiten, aber auch für Entscheidungsträger und Mitarbeiter. Auf jeden Fall sollte die entsprechende Information als Bestandteil in andere Broschüren, Handbücher, Weiterbildungsseminare etc. integriert werden, die sich mit Energieeffizienz befassen. Generell wurde für die Informationsverbreitung die Nutzung zielgruppenspezifischer Kommunikationskanäle vorgeschlagen, z. B. Kammern und Verbände.

Dahinter steht auch die Idee des „sozialen Marketing“ im Sinne eines Diffussionsprozesses von Informationen in einem interaktiven Netzwerk von Multiplikatoren, Herstellern, Beratern und Anwendern. Statt der Erarbeitung eines Leitfadens sollte die Öffentliche Hand **Aktionen** fördern, z. B. „Energiesparwochen“ in Verwaltungen mit Komponenten wie etwa Aufstellung von Energiekennzahlen, Informations- und Motivationsmaßnahmen, Messungen, Rückmeldung der Ergebnisse, Wettbewerbe etc.

Innerhalb der Unternehmen müssen die richtigen Personen angesprochen werden. Im Sektor Kleinverbrauch sind kaufmännische Leiter oft wichtiger als technische Mitarbeiter. Auch Betriebe mit Energiemanagern brauchen aktuelle Informationen; sie verfügen häufig über veraltetes Wissen. Eine Überladung mit Informationen muss vermieden werden; dies schreckt eher ab. Branchenbezogene Informationen mit Energiespartipps könnte man auch in das Internet stellen; hierdurch wäre die laufende Aktualisierung leichter möglich als bei schriftlichen Informationen. Schließlich wurde noch darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Untersuchung nunmehr von Marketing-Fachleuten aufgearbeitet und in adäquate PR-Maßnahmen umgesetzt werden müssten.

Die Befürchtung, dass Verhaltensmaßnahmen schnell in Vergessenheit geraten und Verhalten ständig völlig neu aktiviert werden muss, wurde von einigen Teilnehmern entkräftet. Es liegen Untersuchungsergebnisse vor, bei denen Langzeitwirkungen verhaltensorientierter Programme festgestellt wurden. Es wurde auch angesprochen, dass man bestimmte Verhaltensmaßnahmen vorschreiben könnte, indem man zum Beispiel eine Wartungspflicht für energietechnische Anlagen einführt. In anderen Ländern, z. B. in den Niederlanden, sei dies schon realisiert.

Schließlich wurde noch darauf hingewiesen, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen auch **ausreichende Finanzierung** benötigen, z. B. für Öffentlichkeitsarbeit und professionelles Marketing. Es fehlt auch noch eine zentrale Koordination der Informations- Beratungs- und Weiterbildungsaktivitäten zum Energiesparthema in Deutschland. Insgesamt ist ein vielschichtiges Vorgehen auf allen Ebenen und von möglichst vielen intermediären Gruppen und Schlüsselpersonen mit einheitlicher Botschaft erforderlich.

Literaturverzeichnis

AgV – Verbraucher-Information: Energieeinsparung durch richtiges Heizen und Lüften. AgV – Verbraucher-Information, Bonn

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1995. Veröffentlicht 1998

ASEW: Leerlaufstromverbrauch. ASEW, Nr. 5, Köln, 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): „Der umweltbewußte Hotel- und Gaststättenbetrieb“. München, 1993

Beer; Krebs: Kühlschränke für Hotelzimmer und Studios. RAVEL Schweiz, Bern, 1992

Beyer, A. (Hrsg.): Energiesparen an Schulen – Erfahrungsberichte. Hamburg: Krämer 1998

BfE (Bundesamt für Energie) Energiesparen im Netzwerk – leicht gemacht. Bern 1997

BfE (Bundesamt für Energie): www. admin.ch/bfe/d/e2000/angebote/sparwoche. htm

BINE: Rationelle Energieverwendung in öffentlichen Gebäuden. Verlag TÜV Rheinland, Bonn, 1991

BMWi: Energie sparen im Betrieb. Bundesministerium für Wirtschaft, Bonn, 1994

Bonner Energiereport: Energieeinsparung in Krankenhäusern und anderen öffentlichen Einrichtungen. BUND, Bonn, 1988

Bremecker, F.-W.; Polle, D.: Lichtblicke mit RAVEL NRW auf Straßen. Energieagentur NRW, REN Impuls-Programm RAVEL NRW, Lüdenscheid, Wuppertal, 1997

BUND: Das Wetterbacher Glühwürmchen – Die große Stromsparaktion im Wetteraukreis. BUND-Kreisverband Wetterau, Bad Vilbel, 1998

BUND: Stop Stand-by. BUND, Bonn, 1998

Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK): Impulsprogramm Bau. Bilanz und Zukunft. Bern, 1996a

Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK): Impulsprogramm Haustechnik 1983–1988. Schlussbericht. Bern, 1989

Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK): RAVEL-Kompetenz: Schrittmacher für den nachhaltigen Erfolg. Bern, 1996b.

Cakir: Physiologische und psychologische Auswirkungen der Beleuchtungsqualität. Regensburg: Ostbayrisches Technologie Transfer Institut e. V. (OTTI) 1997

Clausnitzer, K.-D.; Münch, D.: Energieagenturen 1998. Bremen: Bremer Energie-Institut 1998

Daniels, K.: Technologie des ökologischen Bauens. Birkhäuser Verlag, Basel, 1995

Dehli: Energieeinsparung in Industrie und Gewerbe. Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, 1998

Deutscher Wirtschaftsdienst (Umwelt Markt Technik): Standby-Schaltungen: die heimlichen Stromfresser. Deutscher Wirtschaftsdienst (Umwelt Markt Technik), 1997

DIK Amortisationskalkulationen. Ratingen 1999

DIN 4108-6: Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs und Begrenzung solarer Wärmeeinträge im Sommer. Entwurf Februar 1999

DIN EN 823: Berechnung des Heizenergiebedarfs. Deutsche Fassung EN 832. 1998

DIW, STE, FhG-ISI, Öko-Institut: Politikszenarien für den Klimaschutz, Band 1: Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO_2-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005. Forschungszentrum Jülich, 1997

Duscha; Hertle: Energiemanagement für öffentliche Gebäude. C. F. Müller, Heidelberg, 1996

E&M: Sparen mit Licht. E&M 4/96, Herrsching, 1996

ebök: Klimaschutz durch Minderung von Leerlaufverlusten bei Elektrogeräten. Umweltbundesamt, Tübingen, 1997

EMT: Memo Switch bewährt sich tausendfach. URL http://www.emt.ch/Refernzen .htm. Frauenfeld (Schweiz): Energy Management Team AG, 1999

Energie 2000: Energielabel für Elektronikgeräte 1998. Energie 2000, Bundesamt für Energie (BFE), Bern, 1998

Energieagentur NRW: Heizenergie-Kennwerte und ESP in kommunalen Gebäuden. Energieagentur NRW, Wuppertal

Energiedepesche: Dämmung meist fehlerhaft. Rheinbreitbach: Energiedepesche 2/99, 1999

EPA: Save Energy and Money, How to Implement an Energy Star Office Programme. Elektronisches Dokument der EPA auf der Basis einer Studie des Bureau of Energy Conservation in the City and County of San Francisco 1999

Fette, H.: Stromsparen durch Stand-by? Denkste! CHIP, 1999

FfE: Bodenloser Energieverbrauch schnurloser Telefone. Forschungsstelle für Energiewirtschaft. BWK Bd. 50, Nr. 11/12, Düsseldorf, 1998

Firma DIK POWER SAFER: „Stand-by“-Zusatzgeräte. Firma DIK POWER SAFER, 1998

Fischer, Annett (Hrsg.): Kosten sparen durch Energiemanagement. Difu, Dokumentation des 4. Fachkongresses der kommunalen Energiebeauftragten in Stuttgart am 27./28.10.98. Berlin, 1999

Fischer, Annett; Kallen, Carlo: Klimaschutz in Kommunen – Leitfaden zur Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimakonzepte. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin, 1997

Fördergemeinschaft Gutes Licht: Wirtschaftlicher Lichtkomfort mit Beleuchtungselektronik. Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL) Heft Nr. 12 der Schriftenreihe „Informationen zur Lichtanwendung“ der FGL, Frankfurt, 1996

Gasterstädt, Nicola: Klimaschutz durch Minderung von Stand-by-Verlusten bei Elektrogeräten. TNV Technologie-Nachrichten Verlags- und Beratungsgesellschaft mbH, Hennef, 1998

GED (Gemeinschaft Energielabel Deutschland): Liste der ausgezeichneten Geräte, www.implusprogramm.de/ged, Darmstadt 1999

Geiger, B.; Gruber, E.; Megele, W.: Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Heidelberg: Physica 1999

Geiger, Gruber, u. a.: Energieverbrauch und Energieeinsparung in Handel, Gewerbe und Dienstleistung. FhG ISI, Karlsruhe, 1998

Grontek, G. u. a.: Es lohnt sich – Schulen sparen Ressourcen und schonen die Umwelt. HMULF, Wiesbaden, 1997

Gruber, E. u. a.: REN Impuls-Programm „RAVEL NRW“: Begleitende Bewertung. Zwischenbericht. Unveröffentlicht. Karlsruhe: ISI 1999

Gruber, E. u. a.: REN-Impulsprogramm „Bau und Energie“ in Nordrhein-Westfalen: Begleitende Bewertung. Unveröffentlicht. Karlsruhe: ISI 1997

Gruber, E.; Brand, M.: Rationelle Energienutzung in der mittelständischen Wirtschaft. Köln: TÜV Rheinland 1990

Gruber, E.; Reichert, J.: Impulsprogramm: Vorschlag zur Intensivierung der Fortbildung über rationelle Energienutzung in Nordrhein-Westfalen. Karlsruhe: ISI 1992

Herbst; Rechsteiner; Vogt: Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1994

Hill, P.: Monitoring and Managing the Energy Consumption of Office Equipment in the UK. "Conference on Improving electricity efficiency in commercial buildings". Amsterdam, September 1998

Hörner: Stromsparcheck für Gebäude. IMPULS-Programm Hessen, 1998

Hospe, Joachim: Sparen mit Licht. VDI-Nachrichten, 1995

Humm, Othmar; Jehle, Felix: STROM optimal nutzen – Effizienz steigern und Kosten senken in Haushalt, Verwaltung, Gewerbe und Industrie. ökobuch-Verlag, Staufen bei Freiburg, 1996

IE Informationszentrum: Stromsparen im Betrieb. Landesgewerbeamt (LGA) Baden-Württemberg, 1996

IKARUS: IKARUS-Technikdatenbank. CD-ROM. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Eggenstein-Leopoldshafen 1999

IMPULS-Programm Hessen: Besseres Licht in Schulen und Verwaltungsgebäuden. IMPULS-Programm Hessen, Darmstadt, o. J.

IMPULS-Programm Hessen: Gebäudecheck Energie. IMPULS-Programm Hessen, Darmstadt, o. J.

IMPULS-Programm Hessen: Gemeinschaft Energielabel Deutschland (GED). GED, IMPULS-Programm Hessen, Darmstadt, 1998

IMPULS-Programm Hessen: IMPULS-Grundordner, Materialiensammlung für die Energieberatung. Darmstadt 1997

IMPULS-Programm Hessen: Stromsparen im Handel. IMPULS-Programm Hessen, Darmstadt, o. J.

IZE: Vom Wirkungsgrad zur Energievernunft. IZE, Frankfurt a. M. 1996/97

Jäkel: Stromsparcheck für Gebäude. IMPULS

Karl, H.-D.: Wirksamkeit von Maßnahmen zur Energiesparberatung. Ifo-Studien zur Energiewirtschaft, München 1994

Katzenstein, H.: Gute Gründe, nicht umweltverträglich zu handeln. Journal für Psychologie 2(1994)4, S. 72-81

Kaufmann; Ackermann; Pauli: Kühlmöbel im Lebensmittelhandel. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1992

Kavelaars, Marco: Effektive promotion campaigns on user behaviour. Novem – Netherlands Agency for Energy and the Environmen, Amsterdam, 1998

Klima-Kampagne: Klimaschutz am Arbeitsplatz. Kombinierte Energiespar- und Beschäftigungsprojekte aus Berlin, 1997

Land Hessen: Elektrische Energie im Hochbau – Leitfaden Elektrische Energie. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Wiesbaden, 1996

LICHT: Thermo-LONG-LIFE-Leuchtstofflampen für die Werbung. Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, Zeitschrift LICHT, München, 1999

Lipinski, BG Beratung für das Gastgewerbe GmbH: Der Umweltbewußte Hotel- und Gaststättenbetrieb. Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Würzburg, 1993

Meyer, K.: Öfter mal Abdrehen. Ein Projekt für die Schulen im Regierungsbezirk Lüneburg. Hannover: Niedersächsische Energieagentur 1995

Miteff, L.; Birolini, A.: Auswirkung der Ein/Ausschaltfähigkeit auf die Zuverlässigkeit von PC-Monitoren. Schweizer Bundesamt für Energie, Bern 1992

Miteff, L.; Birolini, A.: Senkung des Stand by-Leistungsverbrauchs eines Fotokopierers und daraus resultierende Konsequenzen für seine Zuverlässigkeit. Schweizer Bundesamt für Energie, Bern 1992

Niedersächsische Energie-Agentur: NESSI – Niedersächsische Energie-Spar-Schulen in Aktion. Niedersächsische Energie-Agentur, Hannover, 1997

Nordman, B. u. a.: User Guide to Powermanagement for PCs and Monitors. Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley

Österreichisches BMU: Leitfaden Klimaschutz auf kommunaler Ebene. BMU Österreich, Vertrieb: Österreichisches Ökologie-Institut, Wien, 1995

Picklum, R. E. u. a.: Guide to Reducing Energy Use in Office Equipment. Bureau of Energy Conservation, City & County of San Francisco, San Francisco 1999

Promocom Team AG, Myrta Burch (Projektleitung): Energie 2000 präsentiert: Energiesparen trägt Früchte. E 2000, Ressort Dienstleistung, Zürich

Rath, U. u. a.: Klimaschutz durch Minderung der Leerlaufverluste bei Elektrogeräten. UBA-Texte 45/97. Berlin 1997

RAVEL: CD: IMPULS COMPACT. RAVEL Schweiz, Bundesamt für Konjunkturfragen, 1997

RAVEL: Energiemanagement in der Hotellerie. RAVEL Schweiz, Bern, 1994

RAVEL: Küche und Strom. RAVEL Schweiz, Bern, 1993

RAVEL: Kühlmöbel und Kälteanlagen in Lebensmittelgeschäften. RAVEL Schweiz, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1994

Recknagel; Sprenger; Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klima Technik. Oldenbourg-Verlag, München, 1995

Reichert, J. u. a.: Evaluierung der Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien durch das Bundeswirtschaftsministerium (1994–1998). Karlsruhe: ISI 1999

Reichert, Klaus; Seifried, Dieter: Energiesparen in der Schule – Eine Wegbeschreibung. Öko-Institut, Freiburg, 1997

REN-Impulsprogramm „Bau und Energie“: Wärmemanagement – Maßnahmen zur Heizenergieeinsparung in öffentlichen Gebäuden. Energieagentur Nordrhein-Westfalen, Wuppertal, 1995

REN-Impulsprogramm RAVEL NRW: Aktionswochen E-Fit. Energieagentur NRW, Wuppertal, 1999

REN-Impulsprogramm RAVEL NRW: Energie- und kosteneffizient Lüften und Klimatisieren mit RAVEL NRW. Energieagentur Nordrhein-Westfalen, Wuppertal, 1997

Richter, Bouse: Energiesparende Beleuchtungsanlagen. Hessisches Umweltministerium, FV Elektrotechnik Hessen, VDEW, Wiesbaden, 1994

RWE Energie: Bau-Handbuch. 11. Ausgabe. Heidelberg: Energie-Verlag 1995

Specht, Heinrich: Energieeinsparung und Kostensenkung bei der Beleuchtung von Bürobauten und Schulen. Energieagentur NRW, Braunschweig, Wuppertal

Specht: Energie- und kostensparender Betrieb von öffentlichen Gebäuden. Energieagentur NRW, NRW, 1998

Stadtwerke München, Energieservice: Energie-Spar-Tipps. Standby-Verluste bei Bürogeräten. Stadtwerke München, 1998

Stein, G.; Strobel, B. (Hrsg.): Politikszenarien für den Klimaschutz. Band 1: Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO_2-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2005. Jülich: Forschungszentrum 1997

Stein, G.; Strobel, B.: Politikszenarien für den Klimaschutz, Band 1: Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO_2-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005. Jülich: Forschungszentrum 1997

TEST Spezial: Umwelt schützen, Geld sparen. Stiftung Warentest spezial, Berlin, 1998

TEST: Energiesparlampen – Die teuren halten länger. Stiftung Warentest (8/98), Berlin, 1998

U.A.N., Kommunale Umwelt-Aktion: Lokale Agenda 21 – Energieeinsparung. Planungswegweiser für Kommunen. Deutscher Städte- und Gemeindebund, Hannover, 1998

Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, Technische Anweisung Elektro. Hamburg 1997

Umweltbehörde Hamburg: fifty/fifty – Hamburgs Schulen schalten auf Spargang. Umweltbehörde Hamburg – Energieabteilung, Staatliche Pressestelle Hamburg, 1996

Umweltbehörde Hamburg: Hamburg macht ´ne Stromdiät. Umweltbehörde Hamburg, 1997

Umweltbehörde Hamburg: Ich dreh ab! Wärme richtig nutzen! Abschalten ist einfach – auch im Büro. Umweltbehörde Hamburg, 1995

Umweltbehörde Hamburg: Lichtsteuerung in Sporthallen. Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Hamburg, 1995

Umweltbehörde Hamburg: TAE – Technische Anweisung Elektro (TA Nr. 11). Umweltbehörde Hamburg, 1997

VDEW-AK Nutzanwendung: Die „stillen“ Stromverbraucher. Energie-Verlag GmbH, Heidelberg, 1994

Walz, Rainer et al.: Kap. 27 in: Brauch, Hans Günter (Hrsg.): Energiepolitik. Technische Entwicklung, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1997

Weber, Lukas: Das Sparpotenzial im Büro ist groß. Zeitschrift „ETH intern“, ETH Zürich, 1995

Weber, Lukas: Reduktion des Standbyverbrauchs von Bürogeräten an der ETH Zürich. ETH Zürich, 1995

Weigl, Jürgen A.; Ulrich, Christian: Energiekennzahlen und –sparpotenziale für Gastronomiebetriebe. Wirtschaftskammer Oberösterreich, Graz/Wien, 1998

Wirtschaftskammer Oberösterreich: Energie Branchenkonzept Lebensmittel-Einzelhandel. Wirtschaftskammer Oberösterreich, Linz, 1998

Zieseniß: Lichtquellen: Neuheiten auf der Weltlichtschau ´99 während der Hannover Messe ´99. Elektrizitätswirtschaft Jg. 98, Heft 16, Frankfurt a. M., 1999

ZIV: Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks für 1997. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks. Sankt Augustin: Zentralinnungsverband (ZIV) 1998